Topografie inginereasca

Ioan STÂNGU

TOPOGRAFIE INGINEREASCĂ

EDITURA FUNDATIEI UNIVERSITARE
"Dunărea de Jos", GALATI, 2001

Referent ştiinţific:

Conf. dr. Dorina Toma

Tehnoredactare computerizată:
Ing. Mugurel Ciprian ENACHE

©Editura Fundaţiei Universitare
"Dunărea de Jos", Galaţi, 2001
ISBN 973-8139-94-5

INTRODUCERE

Topografia inginerească (aplicată) este o ştiinţă de dată relativ recentă, care s-a deprins din topografia generală ca o disciplină fundamentală, cu obiective proprii, ca urmare a dezvoltării pe care au luat-o construcţiile de toate tipurile în ultima jumătate de secol.

Topografia aplicată este o ramură a măsurătorilor terestre care studiază metode specifice legate de întocmirea planurilor topografice pentru construcţii civile şi industriale, sistematizări, căi de comunicaţii, construcţii, hidrotehnice, miniere, forestiere, cadastrale etc. Aceasta asigură aplicarea pe teren a acestor proiecte şi urmăreşte comportarea lor în timpul exploatării.

Proiectarea construcţiilor de orice fel, aplicarea proiectelor întocmite în vederea execuţiei, controlul geometric al construcţiilor executate şi urmărirea comportării lucrărilor realizate, reprezintă operaţii care se efectuează prin măsurători terestre.

***Topografia inginerească** se aplică şi este specifică oricărui domeniu de activitate inginerească: îmbunătăţiri funciare, construcţii hidrotehnice, construcţii civile şi industriale, organizarea teritoriului, silvicultură, mine, etc.*

Indiferent de domeniul de aplicare, topografia inginerească are implicaţii în toate etapele de proiectare, execuţie şi exploatare putându-se distinge următoarele direcţii de activitate:

- ✓ *Realizarea de studii tehnico-topografice pentru realizarea documentaţiei topografice necesare diferitelor etape ale proiectării.*
- ✓ *Trasarea pe teren a construcţiilor proiectate şi în acelaşi timp efectuarea măsurătorilor topografice de control, pe parcursul execuţiei.*
- ✓ *Observarea comportării lucrărilor executate, în faza exploatării pentru cunoaşterea modului cum acestea, în ansamblul lor, sau părţi din ele, se menţin la nivelul parametrilor proiectaţi, sau sunt necesare lucrări de remediere prin măsurători periodice sau accidentale.*

***Specialistul în cadastru** (domeniu interdisciplinar de mare actualitate şi perspectivă) este interesat în cunoaşterea întregului complex de aplicaţii ale topografiei – cadastru, construcţii, organizarea şi amenajarea teritoriului, etc. – astfel încât aprofundarea acestor probleme este determinantă în formarea lui, indiferent de faptul că urmează să activeze în calitate de liber profesionist şi/sau în cadrul instituţiilor de specialitate.*

Pentru asigurarea unui minim de literatură de specialitate, în lipsa cvasigenerală a lucrărilor din acest domeniu, lucrarea de faţă reprezintă o culegere a elementelor de bază din lucrările de topografie inginerească existente.

În acest sens, s-au folosit o serie de exemple practice, explicaţii, desene, grafice, etc. menţionate în lucrare şi la bibliografie prin asterisc.

CUPRINS

Introducere 3

CAP. 1. GENERALITĂŢI 5

1.1. Rolul topografiei la proiectarea, execuţia şi exploatarea lucrărilor inginereşti 5

1.1.1. Lucrări topografice la proiectare 5

1.1.2. Lucrări topografice la execuţie 6

1.1.3. Lucrări topografice la exploatare 7

1.2. Documentaţia necesară în topografia inginerească 9

1.2.1. Conţinutul şi cerinţele documentaţiei 9

- Precizia reprezentării planimetriei 10
- Precizia reprezentării reliefului 11
- Fidelitatea şi detalierea planului 12

1.2.2. Scările planurilor de situaţie 12

1.2.3. Echidistanţa curbelor de nivel 13

CAP. 2. LUCRĂRI DE TOPOGRAFIE INGINEREASCĂ 15

2.1. Lucrări topografice la proiectare si execuţie 15

2.1.1. Conţinutul lucrărilor la proiectare 15

2.1.2. Studii preliminare 16

2.1.3. Studii definitive 17

2.1.4. Conţinutul lucrărilor la execuţie 17

2.2. Pregătirea topografică a proiectului pentru trasare 18

2.2.1. Elemente topografice necesare 18

2.2.2. Conţinutul pregătirii topografice 19

2.2.3. Determinarea elementelor topografice 20

2.2.4. Proiectul de trasare a lucrărilor topografice 21
2.2.5. Întocmirea schemelor de trasare 22
2.3. Trasarea elementelor topografice din proiect 23
2.3.1. Trasarea direcţiilor 23
2.3.2. Trasarea lungimilor 24
2.3.3. Trasarea cotelor din proiect 26
2.3.4. Trasarea liniilor de pantă dată 28
- prin nivelment geometric 28
- prin nivelment trigonometric 30
- cu setul de teuri 30

2.4. Metode de trasare în plan 30
2.4.1. Metoda coordonatelor polare 31
2.4.2. Metoda coordonatelor rectangulare 32
2.4.3. Metoda intersecţiei unghiurilor înainte 33
2.4.4. Metoda triunghiurilor 33
2.4.5. Metoda intersecţiei înapoi 34
2.4.6. Metoda intersecţiei liniare 34
2.4.7. Metoda intersecţiei reperate 35
2.5. Trasarea aliniamentelor 36
2.5.1. Trasarea cu procedee clasice 36
2.5.2. Trasarea cu dispozitive laser 37

CAP. 3 LUCRĂRI TOPOGRAFICE PENTRU CĂI DE COMUNICAŢIE 39
3.1. Lucrări topografice la proiectare 39
3.1.1. Lucrări preliminare 39
3.1.2. Lucrări definitive 45
3.1.2.1. Trasarea pe teren a axei drumului 45
- Trasarea vârfurilor de triunghi 45
- Drumuirea între vârfuri 48
- Pichetarea traseului 49

3.1.2.2. Nivelmentul traseului 62
- Profilul longitudinal 63
- Racordarea declivităţilor 65
- Profile transversale 67

3.2. Lucrări topografice la execuţie 69
3.2.1. Generalităţi 69
3.2.2. Trasarea profilului longitudinal 69
3.2.3. Trasarea profilelor transversale tip 70
3.2.4. Marcarea şi reperajul punctelor trasate la terasamente 74
CAP.4. LUCRĂRI TOPOGRAFICE PENTRU CONSTRUCŢII HIDROTEHNICE 77
4.1. Lucrări topografice pentru proiectare 77
4.1.1. Ridicarea topografică a văii unui râu 77
4.1.2. Profilul longitudinal al râului 79
4.1.3. Măsurarea adâncimilor albiei 82
4.1.4. Trasarea conturului unui lac de acumulare 93
4.2. Lucrări topografice pentru execuţie 94

4.2.1. Trasarea axelor principale 94
4.2.2. Măsurători topografice pe axa trasată pe teren 97
4.2.3. Reperajul punctelor axelor principale 99
CAP. 5. LUCRĂRI TOPOGRAFICE PENTRU CONSTRUCŢII EDILITARE 101
5.1. Lucrări topografice pentru proiectare 101
5.1.1. Conţinutul lucrărilor pentru proiectare 101
5.1.2. Ridicarea reţelelor tehnice edilitare 102
5.1.3. Metode de ridicare 103
5.2. Lucrări topografice la trasare 107
5.2.1. Alegerea reţelei de trasare 107
5.2.2. Trasarea în plan şi în înălţime 109
5.2.3. Trasarea reţelelor tehnico-edilitare 110
5.2.4. Trasarea conductelor de suprafaţă 111
5.2.5. Trasarea şanţurilor reţelelor 112
CAP. 6. LUCRĂRI TOPOGRAFICE PENTRU ORGANIZAREA ŞI AMENAJAREA TERITORIULUI 115
6.1. Trasarea aliniamentelor şi a unghiurilor 115
6.1.1. Determinarea elementelor de trasare 115
6.1.2. Metode planimetrice pentru trasare 117
6.2. Trasarea pantei unei axe 119
6.2.1. Prin nivelment geometric 119
6.2.2. Prin nivelment trigonometric 120
6.2.3. Cu ajutorul teurilor 121
6.3. Trasarea pe teren a curbei de nivel 121
6.3.1. Cu nivelul şi mira 122
6.3.2. Cu compasul cu fir de plumb 123
6.4. Trasarea lucrărilor de îmbunătăţiri funciare 123
6.4.1. Trasarea lucrărilor de irigaţii 124
6.4.2. Trasarea lucrărilor de desecare 124
6.4.3. Trasarea lucrărilor de combaterea eroziunii solului 125
6.4.4. Gabaritarea rambleului şi a dembleului 125
- Gabaritarea rambleului 125
- Gabaritarea debleului 128
6.5. Trasarea lucrărilor de organizarea teritoriului 130
6.5.1. Trasarea unui drum de panta dată 130
6.5.2. Trasarea plantaţiilor pomicole 131
6.5.3. Trasarea plantaţiilor de viţă de vie 132
6.5.4. Nivelarea terenurilor 134
- Nivelarea în plan orizontal 135
- Nivelarea terenului în plan înclinat 138
6.5.5. Modelarea terenurilor 148
- Modelarea terenurilor irigabile 148
- Modelarea terenurilor cu exces de umiditate 149
- Modelarea terenurilor sărăturate, nisipoase şi în pantă 150
CAP. 7. LUCRĂRI TOPOGRAFICE LA EXPLOATAREA CONSTRUCŢIILOR 153
7.1. Măsurarea tasării 153
7.2. Măsurarea înclinării 156
Bibliografie 159

CAPITOLUL 1

GENERALITĂŢI

1.1. ROLUL TOPOGRAFIEI LA PROIECTAREA, EXECUŢIA ŞI EXPLOATAREA LUCRĂRILOR INGINEREŞTI

Topografia participă în diferite etape de realizare şi folosire a lucrărilor inginereşti. Volumul şi felul lucrărilor de măsurători sunt diferite de la o etapă la alta. De asemenea diferă metodele şi cantitatea calculelor, mai ales în raport cu precizia cerută de fiecare categorie de lucrări.

Conţinutul şi importanţa lucrărilor topografice în procesul proiectării, execuţiei şi exploatării lucrărilor inginereşti sunt determinate de o serie de factori, prin care:

- întinderea şi gradul de accidentare ale terenului;
- dimensiunile elementelor componente ale construcţiilor proiectate;
- precizia proiectării;
- natura şi volumul lucrărilor de construcţii.

1.1.1. LUCRĂRI TOPOGRAFICE NECESARE LA PROIECTARE

Proiectarea lucrărilor şi construcţiilor inginereşti se face în mai multe faze, în raport cu amploarea lucrărilor care se proiectează.

Lucrările care urmează a se amplasa pe suprafeţe mari se proiectează în trei faze:

- studiul preliminar sau de amplasament, pentru lucrări de mare complexitate;
- studiu tehnico-economic (STE);
- proiecte de execuţie (PE);

În cazul unui volum redus de proiectare, aceasta se face într-o singură etapă (PFU) sau fază mixtă (STE + PE).

Proiectele în fază unică prezintă în prima parte variantele, iar în a doua parte varianta aleasă şi datele de execuţie.

PARTICIPAREA TOPOGRAFIEI LA S.T.E

În această fază de proiectare se rezolvă problemele de ansamblu şi se fundamentează din punct de vedere tehnic şi economic lucrările. Ea cuprinde ansamblul lucrărilor, soluţiile constructive pe obiecte, schema de organizare a şantierului, precum şi calcule economice din care rezultă eficienţa investiţiilor.

Activitatea topografică în această fază are în vedere, în primul rând, să pună la dispoziţia proiectantului planuri topografice cu curbe de nivel. Scările planurilor sunt: 1:2000 + 1:10000, în funcţie de mărimea suprafeţei ridicate, de complexitatea detaliilor topografice şi de cerinţele specifice proiectării. În cazul suprafeţelor mai mari de 10 000 ha, se folosesc hărţi topografice la scara 1:25 000.

PARTICIPAREA TOPOGRAFIEI LA P.E

Această fază de proiectare se realizează după aprobarea proiectului din fază de S.T.E. Proiectele de execuţie se elaborează pe obiecte, pe măsura necesităţii execuţiei pe baza unui grafic de termene.

În această fază sunt necesare planuri la scări mari şi foarte mari (1:1 000; 1:500; 1:200) pe zone restrânse de amplasare şi cu curbe de nivel corespunzătoare scopului proiectării. Pentru aceste planuri se utilizează punctele de sprijin stabilite pentru S.T.E. Metodele de ridicare şi aparatură sunt diferite în funcţie de genul lucrărilor şi caracteristicile acestora.

1.1.2. LUCRĂRI TOPOGRAFICE NECESARE LA EXECUŢIE

Trasarea pe teren prezintă o foarte mare varietate de situaţii, deoarece şi gama lucrărilor inginereşti este foarte vastă: construcţii civile, industriale, hidrotehnice, edilitare, căi de comunicaţii, îmbunătăţiri funciare, amenajarea teritoriului, etc.

Înainte de a se trece la trasarea efectivă pe teren proiectele de execuţie trebuie pregătite din punct de vedere topografic, prin aceasta urmând să fie realizate următoarele obiective:

- studiul amănunţit al proiectelor de execuţie şi stabilirea metodelor şi instrumentelor, care să asigure precizia de trasare;
- determinarea, cu ajutorul proiectelor, a punctelor care trebuie trasate precum şi a elementelor de obţinere a lor pe teren: distanţe înclinate şi orizontale, unghiuri orizontale şi verticale, cote, diferenţe de nivel etc;
- întocmirea unui plan general de trasare, precum şi a schemelor de detaliu pentru trasarea punctelor, în care să fie precizate ordinea de trasare, aparatura necesară, metodele de lucru pe teren, formaţia echipelor şi termenele de predare.

Operaţia de trasare pe teren se realizează în două etape. În prima etapă se transpun pe teren, cu ajutorul elementelor extrase din proiectele de execuţie, axele principale şi secundare ale construcţiilor proiectate. În continuare, se trece la trasarea de detaliu, care este specifică fiecărui gen de lucrări proiectate, avându-se însă în vedere axele principale şi secundare ale construcţiilor şi prevederile proiectelor de execuţie referitoare la parametrii de execuţie.

Pe tot parcursul executării lucrărilor, topografia intervine prin măsurători de control care se referă la:

- verificarea verticalităţii zidurilor sau a altor elemente prefabricate sau turnate din beton care trebuie să respecte această condiţie;
- orizontalitatea unor suprafeţe, cum sunt cele destinate orezăriilor;
- înclinarea unor trasee sau suprafeţe conform datelor de proiectare;
- verificarea cotelor de fundaţie ale diferitelor construcţii, etc.

Aceste măsuri au rolul să asigure pe de o parte realizarea construcţiilor în limitele parametrilor proiectaţi şi în acelaşi timp să uşureze realizarea tehnologiei de lucru.

La terminarea execuţiei, lucrările trebuie predate beneficiarului care urmează să le pună în exploatare. Pentru aceasta este necesară efectuarea ridicării de execuţie. Prin aceasta se înţeleg ridicările topografice care trebuie efectuate pentru construcţia terminată sau parţial terminată, în ansamblul ei sau pe obiecte, în vederea recepţiei şi pentru întocmirea planului general inventar.

1.1.3. LUCRĂRI TOPOGRAFICE LA EXPLOATARE

După cum se cunoaşte lucrările inginereşti sunt de o mare varietate datorită condiţiilor naturale în care se realizează şi funcţiei pe care o îndeplinesc. Această diversitate este amplificată de faptul că în construcţia lor se utilizează materiale foarte diverse, care se comportă diferit, atât datorită caracteristicilor proprii, cât şi condiţiilor în care funcţionează.

În perioada exploatării, lucrările inginereşti se urmăresc pentru a se cunoaşte modificarea comportării materialelor întrebuinţate şi, în acelaşi timp, pentru a se determina deformaţiile lucrărilor considerate în ansamblul lor.

Cercetările şi observaţiile de control încep odată cu construcţia şi se continuă în timpul exploatării, câţiva ani, până când lucrarea capătă un anumit echilibru, se stabilizează iar variaţiile deformaţiilor se reduc.

Datorită complexităţii lucrărilor inginereşti, a materialelor utilizate în construcţia acestora şi a diversităţii măsurătorilor care trebuie efectuate pentru cunoaşterea comportării lucrărilor, există o mare varietate de metode de cercetare. După scopul lor, observaţiile necesare pentru cunoaşterea comportării lucrărilor se împart în două grupe mari:

- **observaţii fizico-chimice.** Se referă, în funcţie de natura şi tipul lucrărilor, la măsurarea unor mărimi caracteristice şi fenomene fizico-chimice cum sunt: temperatura construcţiilor, debitul şi presiunea apei în conducte, canale sau lacuri, dilataţia şi contracţia materialelor de construcţii, cantitatea şi compoziţia chimică a apei de infiltraţii, a celei poluate şi care urmează să fie redată circuitului natural sau întrebuinţată pentru irigaţii, proprietăţile fizico-chimice ale solurilor etc;
- **observaţii de natură geometrică.** Prin ele se măsoară deplasarea construcţiilor faţă de datele proiectate şi de execuţie. După modul cum se instalează aparatele de măsură, observaţiile de natură geometrică sunt de două feluri:
  - observaţii care se efectuează cu ajutorul unor aparate sau instrumente de măsură introduse sau aplicate direct pe construcţii, aşa cum se procedează cu reperele de adâncime în diguri sau baraje şi cu aparate sensibile fixate în rosturile de dilatare ale barajelor, precum şi alte instalaţii asemănătoare;
  - observaţiile care se fac cu aparate de măsură din punctele de sprijin stabilite în afara perimetrului construcţiilor, unde pot apare deformaţii şi compararea rezultatelor obţinute prin măsurători periodice.

În această categorie de metode intră triangulaţia, intersecţia şi drumuirea pentru determinarea poziţiei planimetrice ale punctelor şi nivelmentul geometric pentru cunoaşterea poziţiei lor altimetrice.

Observarea topografică a poziţiei punctelor prezintă avantajul că nu se limitează numai la construcţia propriu-zisă, ci se extinde şi asupra zonei învecinate, determinându-se astfel deformaţiile din întreaga regiune unde sunt posibile modificări.

Observaţiile topografice, executate pe parcursul exploatării lucrărilor, prezintă importanţă nu numai pentru menţinerea parametrilor de proiectare la nivelul concepţiei, care asigură folosirea optimă a lucrărilor realizate, ci şi pentru îmbunătăţirea proiectării, deoarece se acumulează mai multe cunoştinţe referitoare la comportarea materialelor în condiţii variate de folosire. În acelaşi timp, se pot trage concluzii importante în legătură cu tehnologia de execuţie observând modul cum s-a ţinut seama de coeficientul de tasare a pământului, a tipurilor de soluri pe care s-au amplasat lucrările.

Observaţiile din această categorie sunt importante şi din punct de vedere topografic propriu-zis deoarece permit concluzii cu privire la limitele de folosire a metodelor de observare, a tipurilor de repere, asupra preciziei asigurate de diferite metode planimetrice sau nivelitice de ridicare în plan.

1.2. DOCUMENTAŢIA NECESARĂ ÎN TOPOGRAFIA INGINEREASCĂ

1.2.1. CONŢINUTUL ŞI CERINŢELE DOCUMENTAŢIEI

Conţinutul documentaţiei topografice necesare la elaborarea proiectelor de construcţii include următoarele:

- ✓ hărţi topografice cu teritoriul în care se află zona destinată construcţiilor la scara 1:10.000....1:100.000;
- ✓ planuri topografice la scări mari şi foarte mari (1:5.000, 1:2.000, 1:1.000, 1:500, 1:200, 1:100);
- ✓ profile longitudinale şi transversale ale terenului şi cursurilor de apă, planuri hidrografice ale râurilor, lacurilor şi litoralului maritim, profile geologice şi geografice;
- ✓ profile şi scheme ale sistematizării verticale şi ale reţelelor tehnico-edilitare(apă, canalizare, energie electrică, telecomunicaţii, gaze, termoficare etc.).

Planurile la scară mai mare de 1:2 000 se învechesc foarte repede, deoarece conţinutul lor nu mai corespunde cu realitatea din teren. De aceea, pentru a obţine asemenea planuri, sunt necesare ridicări specifice de topografie inginerească; în anumite situaţii planurile existente pot fi utilizate pentru proiectare, numai după actualizarea lor.

Hărţile topografice la scări mici se folosesc pentru fundamentarea tehnico-economică a proiectelor de căi de comunicaţie şi construcţii hidrotehnice, iar pe hărţile topografice la scări medii se fac studiile şi proiectarea prealabilă a acestora.

Planurile la scări mari reprezintă baza topografică pentru elaborarea proiectelor de construcţii în localităţi, a întreprinderilor industriale, nodurilor hidrotehnice, podurilor, tunelelor etc.

Proiectarea în detaliu necesită planuri de situaţie la scări mari şi foarte mari, de un anumit specific. Aceste planuri se obţin prin ridicări topografice efectuate special pentru acest scop.

Planurile de situaţie servesc ca bază topografică numai în perioadele de proiectare şi de execuţie a construcţiei, spre deosebire de planurile cadastrale şi planurile de execuţie, care se folosesc în tot timpul exploatării.

Planurile de execuţie (cu construcţiile terminate) se obţin prin noi ridicări topografice, deoarece la terminarea construcţiei elementele de planimetrie dispar în mare măsură sau se transformă, apărând noi construcţii; se transformă mult şi relieful terenului prin sistematizarea verticală a suprafeţei terenului.

Cerinţele reprezentării planimetriei şi altimetriei pe planurile topografice la scară mare se referă la *precizia, fidelitatea* şi *detalierea planului,* care sunt şi factori care influenţează alegerea scării planului (1: n) şi echidistanţei curbelor de nivel (E).

• **Precizia reprezentării planimetriei.** Această precizie, numită şi precizia planului de situaţie, precizia bazei topografice pentru proiectare sau precizia ridicării topografice, este dată de eroarea totală de poziţie pe plan a contururilor şi obiectelor faţă de punctele de sprijin din apropiere. Mărimea erorii medii pătratice totale este aproximativ aceiaşi pentru diferite metode de ridicare la scări mari (1:10 000 şi 1:5 000) fiind egală cu ±0,3...0,4 mm la scara planului. În cazul planurilor la scări foarte mari (1:2 000....1:100), mărimea erorii medii pătratice totale variază în limite mai largi, în funcţie de metoda de ridicare.

Pentru proiectare este importantă precizia poziţiei reciproce în plan a elementelor de planimetrie, care se admite aproximativ de aceeaşi valoare (±0,3....0,4 mm) pe plan, de exemplu, pentru scara 1:500 aceasta corespunde la 0,15...0,20 m.

Cu cât scara planului este mai mare, cu atât va fi mai mică eroarea de întocmire a planului (adică creşte precizia planului). Pornind de la această constatare, se poate determina scara necesară a planului sau ridicării (1 :n) dacă se cunoaşte eroarea admisă în dimensiunile obiectului de reprezentat m_d şi eroarea de întocmire a planului m_{pl}:

$$\frac{1}{n} = \frac{m_{pl}}{m_d}$$

De exemplu, pentru $m_{pl} = \pm 0{,}35$ mm şi $m_d = \pm 0{,}3$ m, scara ridicării este 1 : 1 000.

• **Precizia reprezentării pe plan a reliefului.** Această precizie, numită şi precizia bazei topografice altimetrice sau precizia ridicării nivelitice, se caracterizează prin eroarea totală de determinare a cotei unui punct după curbele de nivel trasate pe plan.

Eroarea medie pătratică în determinarea pe plan a cotei punctului m_H, aflat între două curbe de nivel vecine trasate pe plan, este dată de relaţia:

$$m_H = \pm(a + b \cdot tg\,\alpha),$$

unde:

a - este un coeficient ce caracterizează eroarea de poziţie pe plan a curbei de nivel datorită preciziei nivelmentului;

b – este un coeficient ce caracterizează eroarea de poziţie pe plan a curbei de nivel datorită preciziei interpolării curbelor de nivel ; α - unghiul mediu de înclinare a terenului.

• **Fidelitatea şi detalierea planului.** Prin fidelitate se înţelege gradul de asemănare a prezentării pe plan a tuturor sinuozităţilor contururilor planimetriei şi reliefului. Dacă fidelitatea este redusă se consideră că reprezentarea detaliilor planimetrice şi a reliefului este generalizată. Cu cât scara planului este mai mare, cu atât creşte fidelitatea reprezentării şi devin mai mici generalizările ("geometrizările" şi "neglijările") liniilor din teren.

În cazul ridicărilor la scări mari se acceptă ca erorile datorită generalizării contururilor clare să nu depăşească 0,5 mm la scara planului. In aceste limite se admite neglijarea întrândurilor clădirilor sau înlocuirea liniei sinuoase prin linie frântă.

Prin detalierea (sau "volumul") planului se înţelege gradul de saturaţie a planului cu obiectele existente în teren, a căror prezentare pe plan este necesară şi posibilă la scara şi echidistanţa dată. Detalierea se exprimă prin dimensiunile minime ale obiectelor sau ale distanţelor dintre construcţiile ce urmează a fi reprezentate pe plan. Cerinţa de detaliere se determină în zonele cu construcţii, odată cu alegerea scării ridicării. De exemplu, în cazul unei reţele dese de trasee edilitare şi alte construcţii amplasate la niveluri diferite şi de dimensiuni mici (≤ 0,50 m), reprezentarea pe plan a acestei reţele cu distanţa între axele ei de câte 1 mm, va solicita ca scara planului să fie:

$$\frac{1}{n} = \frac{l_{plan}}{l_{teren}} = \frac{1\,mm}{0.50\,m} = \frac{1}{500}$$

Informaţia cea mai amănunţită, completă şi fidelă despre teren se asigură în prezent prin fotoplanuri şi ortofotoplanuri.

Precizia, fidelitatea şi detalierea reprezentării pe plan a reliefului depind, în principal, de mărimea echidistanţei admise între curbele de nivel.

Cu cât scara ridicării este mai mare şi echidistanţa curbelor de nivel este mai mică, cu atât reprezentarea pe plan va fi mai fidelă şi detaliată, iar mărimile erorilor absolute ale coordonatelor şi cotelor punctelor vor fi mai mici, adică precizia planului va fi mai ridicată; dar, în aceeaşi măsură, va creşte costul lucrărilor şi timpul necesar pentru efectuarea ridicării topografice. De aceea,

alegerea scării planului şi echidistanţei curbelor de nivel necesită o tratare tehnico-economică bine motivată.

1.2.2. SCĂRILE PLANURILOR DE SITUAŢIE

Factorii care influenţează mărimea scării planului necesar proiectării sunt:

➢ *Natura problemelor ce urmează a se rezolva şi felul construcţiei ce se proiectează*; astfel, planul de situaţie poate servi la elaborarea planului general al construcţiei (reprezentarea în linii mari a obiectelor principale şi a axelor acestora) sau pentru întocmirea planurilor şi schemelor de execuţie de detaliu; tot odată, planul de situaţie este baza topografică pentru proiectarea unei întreprinderi industriale, a unui nod hidrotehnic, a unor ansambluri social-culturale dintr-o localitate, sau a unei magistrale de drum, cale ferată etc.

➢ *Complexitatea situaţiei şi a reliefului* (obstacole, teren frământat, ape etc.), care influenţează claritatea reprezentării pe plan a acestora.

➢ *Condiţiile utilizării în proiect a construcţiilor şi traseelor existente* (dacă rămân sau se demolează etc.).

În practica lucrărilor de studii-proiectare, planurile de situaţie se întocmesc la următoarele scării:

- ✓ planul la scara 1:10.000 cu echidistanţa E = 1.....2 m (în teren şes) şi echidistanţa E = 5 m (în teren muntos) se utilizează pentru alegerea traseelor magistralelor (drum, cale ferată, canal, linie de transport al energiei electrice etc.) şi amplasamentelor combinatelor industriale şi ale nodurilor hidrotehnice etc., la proiectare preliminară a marilor construcţii, la determinarea suprafeţelor şi volumelor lacurilor de acumulare;
- ✓ planul la scara 1:5.000 cu echidistanţa E = 1 m (teren şes) şi E = 2 m (în teren muntos) este baza topografică pentru elaborarea schiţelor de sistematizare a localităţilor, pentru întocmirea planurilor generale ale construcţiilor industriale, la echiparea tehnică a teritoriilor, la proiectarea magistralelor de drum, de cale ferată, de canal etc.;
- ✓ planul la scara 1:2.000 cu echidistanţa E = 0,5...1 m serveşte pentru elaborarea proiectelor şi planurilor generale ale construcţiilor hidrotehnice şi industriale, de drum şi cale ferată, reţelelor edilitare, la elaborarea detaliilor de sistematizare din localităţi, a planurilor generale ale construcţiilor din localităţi;
- ✓ planul la scara 1:1.000 cu echidistanţa E = 0,5...1 m este baza pentru: elaborarea detaliilor de execuţie în extravilan sau pe suprafeţe cu construcţii puţine; întocmirea proiectelor de execuţie ale reţelelor edilitare, la elaborarea planului de detaliu cu traseele de drum, cale ferată şi a nodurilor feroviare;

- ✓ planul la scara 1:500 (cea mai mare scară a unei ridicări pe suprafeţe întinse) cu echidistanţa E = 0,50 m (sau E = 0,25 m în teren plan cu pante mici) se utilizează la întocmirea desenelor de execuţie a construcţiilor principale din întreprinderile industriale şi cu o reţea densă de comunicaţii la suprafaţă şi subteran (reţea edilitară), a podurilor, barajelor mari etc.

Când claritatea reprezentării detaliilor este mai importantă decât precizia planului, se pot executa ridicări la scările 1:500, 1:1.000 şi 1:2.000 în acest caz precizia de dezvoltare a reţelelor de sprijin corespunzător scărilor 1:1.000, 1:2.000 respectiv 1:5.000.

Determinarea scărilor planurilor pentru proiectare se face fie prin verificarea mărimii scării alese fie prin calculul scării, pornind de la factorii cunoscuţi (precizia, fidelitatea şi detalierea reprezentării) sau de la cerinţele proiectării.

1.2.3. ECHIDISTANŢA CURBELOR DE NIVEL

La întocmirea planurilor la scară mare pentru proiectarea construcţiilor o deosebită atenţie se acordă reprezentării pe plan a reliefului, deoarece aceasta determină de multe ori alegerea amplasamentului construcţiei (suprafaţa sau traseul), traseele reţelelor de transport de gaze, petrol, energie electrică, alimentare cu apă şi canalizări în extravilan etc. De asemenea, faţă de relieful terenului reprezentat pe plan, se calculează cotele proiectate ale construcţiilor, pantele drumurilor şi traseelor de alimentare cu apă şi canalizare, se elaborează proiectul de sistematizare verticală a suprafeţei terenului etc.

Pentru reprezentarea cât mai precisă şi amănunţită a reliefului pe plan există tendinţa de a alege valoarea minimă a echidistanţei normale a curbelor de nivel *E*, în acest caz, valoarea admisă a echidistanţei trebuie să asigure şi precizia necesară pentru ridicarea reliefului.

Factorii care influenţează alegerea echidistanţei curbelor de nivel E sunt:

- ✓ precizia prezentării reliefului pe plan;
- ✓ cerinţele proiectării – mai ales posibilitatea folosirii comode a planului cu curbe de nivel pentru determinarea cotelor, pantelor, volumelor etc.

Echidistanţa *E* normală (sau de bază) a curbelor de nivel se calculează cu relaţia generală:

$$E = d \cdot n \cdot i,$$

unde: *d* este distanţa între două curbe de nivel vecine trasate pe plan; *n*- numitorul scării planului; *i*- panta terenului (pe linia de cea mai mare pantă) între curbele de nivel vecine.

De exemplu, pentru distanța minimă d = 5 mm, corespunzătoare unei pante mari i = 0,2 între curbele de nivel vecine, se obține pentru scara planului 1:500 valoarea echidistanței de bază E = 0,5 m, iar pentru scara planului 1: 1 000, valoarea echidistanței este E = 1,0 m.

Pe sectoarele cu pante mici și pe terenurile cu microrelief se trasează curbe de nivel suplimentare la echidistanța egală cu ½ $E_{bază}$ și ¼ $E_{bază}$.

CAPITOLUL 2

LUCRĂRI DE TOPOGRAFIE INGINEREASCĂ

2.1. LUCRĂRI TOPOGRAFICE PENTRU PROIECTARE ȘI EXECUȚIE*

2.1.1. CONȚINUTUL LUCRĂRILOR LA PROIECTARE

Documentele de bază pentru realizarea construcțiilor sunt: *notă de comandă* și *proiectul de execuție* (P.E.).

Nota de comandă pentru elaborarea proiectului de construcții și instalații stabilește soluțiile de principiu și indicatorii tehnico-economici ai construcției (amplasamentul și termenele de punere în funcțiune, volumele de construcții-montaj, soluțiile de principiu pentru fundarea construcției, soluții și indici la principalele construcții și instalații etc.). Nota de comandă se elaborează de către beneficiar. Nota de comandă aprobată constituie documentul pe baza căruia se trece la elaborarea proiectului de execuție.

Proiectul de execuție are următorul conținut:

- planul general al obiectului proiectat;
- planuri și secțiuni ale obiectelor componente;
- lucrări conexe în zonă (alimentarea cu energie electrică și termică, apă etc., căi ferate, drumuri, construcții social-culturale etc.);
- soluțiile de fundare, justificate economic pe baza studiilor geotehnice asupra terenurilor;
- soluții constructive detaliate cu planuri și secțiuni pentru clădiri, construcții speciale, drumuri, platforme, căi ferate, sistematizarea verticală a teritoriului, traseele rețelelor edilitare etc.;
- programul de urmărire a comportării calitative în timpul execuției și exploatării a obiectelor de construcții.

2.1.2. STUDIILE PRELIMINARE

Cuprind studiile şi cercetările de teren din care fac parte: studiile (lucrările) topografice, studiile hidrologice, prospecţiunile geologice, geotehnice, geofizice şi hidrologice. Dintre acestea volumul cel mai mare îl au lucrările topografice care se referă la:

- Punerea la dispoziţia proiectării a hărţilor şi planurilor topografice cu curbe de nivel cât mai recente, la scările 1:100.000...1:25.000 (pentru teritorii întinse) sau la scări 1:10.000, 1:5.000 şi 1:2.000. Dacă documentaţia topografică existentă nu mai corespunde cu realitatea, se întocmeşte o nouă documentaţie.
- Lucrările topografice în timpul studiilor hidrologice se referă la instalarea posturilor şi staţiilor hidrometrice, la măsurarea adâncimilor albiei pe întinderile de apă (râuri, lacuri, zona litoralului mării) şi întocmirea profilului longitudinal al râului.
- Lucrările topografice privind prospecţiunile geologice, geofizice şi hidrogeologice cuprind două aspecte:
  - aplicarea pe teren a punctelor geologice, geotehnice, geografice şi hidrogeologice (centrele puţurilor de foraj, sondelor, intrările în galerii, dezvelirilor de roci, săpăturilor deschise, izvoarelor etc.) proiectate pe harta sau planul topografic în cazul podurilor, barajelor şi ecluzelor, aplicarea pe teren a punctelor geologice pe axa principală a construcţiei se face şi pe apă;
  - legarea planimetrică şi altimetrică a punctelor geologice, geotehnice, geofizice şi hidrogeologice marcate direct pe teren fără să fi fost mai întâi proiectate pe plan.
- Aplicarea pe teren a axelor diferitelor variante (proiectate pe hărţi şi planuri) de drum, cale ferată, a căilor de acces la poduri şi viaducte, precum şi a axelor principale ale unor construcţii hidrotehnice (baraj, canale, conducte, tuneluri hidrotehnice) şi linii pentru transportul energiei electrice.

După trasarea pe teren a vârfurilor de frângere ale axelor urmează pichetarea traseelor şi executarea de ridicări în plan şi în înălţime a fâşiei de teren, în lungul axului pichetat, pentru a se întocmi planuri de situaţie cu curbe de nivel la scările 1:2.000 şi 1:1.000 cu echidistanţa E = 1....2 m, profile longitudinale şi transversale pe fiecare ax.

2.1.3. STUDIILE DEFINITIVE

Cuprind următoarele:

- ridicări topografice la scări mai mari şi foarte mari (1:1.000, 1:500, 1:200) pe suprafeţe mai restrânse pentru a obţine planuri topografice cotate şi cu curbe de nivel la echidistanţa E = 1....0,25 m, inclusiv profile pe diferite direcţii; documentaţia topografică obţinută este necesară pentru proiectarea în detaliu a construcţiei, ca bază a ridicării se utilizează atât reţeaua de sprijin planimetrică şi altimetrică de la ridicarea preliminară cât şi picheţii şi bornele repere aparţinând axelor principale aplicate pe teren;
- corectarea şi reperarea pe teren a traseelor definitive ale axelor de drum şi cale ferată, ale axelor principale (variantele definitive) ale construcţiilor hidrotehnice etc.;
- continuarea lucrărilor topografice necesare prospecţiunilor geotehnice etc.

2.1.4. CONŢINUTUL LUCRĂRILOTR TOPOGRAFICE ÎN TIMPUL EXECUŢIEI

Aplicarea pe teren a proiectelor de construcţii în vederea execuţiei necesită efectuarea de calcule şi lucrări topografice de birou şi lucrări în teren. Calculele şi lucrările de birou se referă, în principal, la pregătirea topografică a proiectului de construcţie în vederea aplicării pe teren. Lucrările în teren sunt formate din lucrări de trasare pe teren a axelor construcţiilor, contururilor obiectelor şi a detaliilor în timpul execuţiei, precum şi din măsurători la montarea elementelor de construcţii (prefabricatelor de beton).

După conţinutul lor, lucrările de trasare se deosebesc de ridicările topografice. La ridicare, pe baza măsurătorilor din teren, se întocmesc planuri şi profile ale terenului; la trasare se procedează invers, după planurile şi profilele proiectului se aplică pe teren axele şi punctele caracteristice ale construcţiilor în vederea execuţiei. De aceea, metodele de trasare se deosebesc oarecum de metodele de ridicare, iar precizia metodele de trasare este de regulă mai ridicată.

Trasarea pe teren a punctului, conform elementelor date în proiect, se desfăşoară astfel: se trasează pe teren unghiul proiectat (adică a doua latură a unghiului). Pe această direcţie se trasează lungimea din proiect şi se marchează pe teren poziţia în plan a punctului. Pe verticala punctului trasat se transmite cota din proiect, obţinându-se poziţia în spaţiu a punctului din proiect.

Pentru creşterea preciziei trasării pe teren a unghiurilor, lungimilor şi cotelor se procedează astfel: se începe cu trasarea provizorie a valorilor date în proiect, se continuă cu efectuarea de măsurători ale unghiului, lungimii sau cotei trasate preliminar şi se încheie cu trasarea definitivă, în scopul corectării poziţiei punctului trasat provizoriu (prin aplicarea pe teren a mărimilor corecţiilor deduse din compararea valorilor proiectate şi măsurate).

Trasarea pe teren a construcţiilor comportă în general trei etape, ultima etapă fiind specifică construcţiilor industriale.

În *prima etapă* se trasează pe teren axele principale ale construcţiei de la punctele bazei geodezice folosite la ridicarea topografică. La trasarea axelor principale se determină numai poziţia principală a construcţiei pe teren şi orientarea ei în raport de construcţiile vecine şi de contururile obiectelor existente pe teren. Precizia acestor lucrări de trasare depinde de procedeul de proiectare a construcţiei şi de erorile admise la pregătirea topografică a proiectului în vederea aplicării pe teren şi dacă nu se specifică altfel, corespunde preciziei grafice a scării planului general al construcţiei.

A doua etapă este trasarea în detaliu a construcţiei, faţă de axele principale. În concordanţă cu fazele de execuţie a construcţiei se trasează pe teren axele longitudinale şi transversale ale blocurilor şi detaliile acestora, precum şi axele elementelor de construcţie (prefabricatelor de beton armat) în procesul de montaj; se fac măsurători pentru determinarea poziţiei în plan şi în înălţime a tuturor punctelor caracteristice ale secţiunilor orizontale şi verticale prin elementele de construcţie poziţionate. Trasarea în detaliu stabileşte poziţia reciprocă a elementelor de construcţie şi necesită o precizie mult mai ridicată decât la trasarea axelor principale.

Etapa a treia comportă trasarea şi poziţionarea axelor de montaj şi montarea în poziţie proiectată a utilajului tehnologic (industrial). Această etapă necesită precizia cea mai ridicată a măsurătorilor şi începe după terminarea turnării fundaţiei şi montării elementelor de construcţie.

Lucrările de trasare a construcţiilor au particularitatea că, precizia ridicată a măsurătorilor este necesară adesea numai pe direcţie, de exemplu, în direcţie longitudinală la poduri, sau în direcţie transversală – la tunele rectilinii. Precizia trasării în celelalte direcţii poate fi mult mai mică. De această caracteristică se va ţine seama la elaborarea proiectului lucrărilor de trasare.

2.2. PREGĂTIREA TOPOGRAFICĂ A PROIECTULUI PENTRU TRASARE*

2.2.1. ELEMENTELE TOPOGRAFICE NECESARE

➢ ***Planul general al construcţiei*** (la scara 1:500...1:2.000) este planul topografic cu curbe de nivel pe care s-au trecut conturile tuturor construcţiilor proiectate, coordonatele proiectate ale punctelor principale cotele suprafeţelor caracteristice şi ale căilor de comunicaţii de acces. Pentru construcţiile complexe ale planului general se întocmesc separat *scheme cu axele principale de trasare* (în localităţi liniile roşii ale clădirilor), cu date de legătură (coordonate, cote, distanţe) faţă de punctele topografice de sprijin şi cu distanţa între obiecte şi faţă de axele principale.

➢ ***Detalii de execuţie*** ce conţin planuri şi desene la scări mari (1:200...1:1), profile, secţiuni orizontale la diferite niveluri şi secţiuni verticale, în care se dau dimensiunile şi cotele detaliilor părţilor de construcţii.

➢ ***Proiectul de sistematizare verticală*** alcătuit din planuri şi scheme la scări mari (1:2.000...1:200), inclusiv profile, prin care se transformă relieful existent al terenului în suprafeţe cu pante line, necesare evacuării apelor de pe suprafaţa teritoriului construcţiei, asigurării circulaţiei (străzi, trotuare, drumuri, căi ferate etc.). În proiect, pe reţeaua de pătrate sau pe profile transversale, se trec cotele negre, roşii şi de terasamente, precum şi direcţiile de transport ale maselor de pământ.

➢ ***Planuri şi profile longitudinale*** ale căilor de comunicaţii (drumuri, căi ferate), ale reţelelor tehnico-edilitare şi ale liniilor aeriene la scările 1:1.000....1:500 (şi în înălţime 1:100....1:500).

➢ ***Schemele cu reţeaua de sprijin*** a ridicării topografice a şantierului de construcţii, descrierile topografice al punctelor de sprijin, inventarul cu coordonate şi cote.

Baza geometrică a proiectului pentru aplicarea lui pe teren o constituie *axele de trasare* ale construcţiilor, faţă de care în desenele de execuţie se dau toate dimensiunile proiectului. Dintre acestea, *axele principale* (sau *iniţiale*) se leagă de punctele reţelei de sprijin topografice. Ca axe principale ale construcţiilor liniare (baraje, poduri, drumuri, căi ferate, canale, tunele) sunt axele longitudinale ale acestora; în proiectele de clădiri, ateliere - axele pereţilor exteriori, iar pentru fiecare stâlp - axul de simetrie al fundaţiei acestuia.

Cotele planurilor, etajelor şi punctelor izolate ale proiectului se dau faţă de un nivel convenţional (la clădiri, faţă de nivelul pardoselii finite de la parter) şi se trec pe planuri cu semnul plus (deasupra acestui nivel) sau cu semnul minus (dedesubtul nivelului convenţional). Nivelul convenţional al fiecărei construcţii corespunde unei altitudini anumite, a cărei valoare este menţionată în proiect.

2.2.2. CONŢINUTUL PREGĂTIRII TOPOGRAFICE A PROIECTULUI

Pregătirea topografică a proiectului constă din:

- Întocmirea schemelor de trasare şi legarea axelor principale de punctele bazei topografice (reţeaua de sprijin);
- Elaborarea proiectului lucrărilor topografice de trasare, în cazul proiectelor complexe de construcţii (întreprinderi industriale, noduri hidrotehnice, noduri feroviare, poduri mari etc.).

Pregătirea topografică a proiectului depinde de procedeul de proiectare a construcției: analitic, grafoanalitic și grafic.

În cazul procedeului analitic toate datele proiectului se determină prin calcule numerice, iar coordonatele clădirilor și construcțiilor existente pe teren se determină prin metode topografice; de asemenea dimensiunile elementelor proiectului se determină prin calcule tehnologice pornind de la schemele de sistematizare orizontală a suprafeței. Planul general al construcției este folosit numai pentru a evidenția soluțiile admise în proiect. Acest procedeu de proiectare se utilizează în special la reconstrucția și extinderea întreprinderilor industriale, a nodurilor feroviare etc.

Procedeul grafoanalitic de proiectare se folosește cel mai des. Elementele datelor de plecare pentru proiectare se obțin grafic de pe planul topografic (dimensiunile construcțiilor existente, coordonatele punctelor contururilor), iar celelalte date se determină analitic (dimensiunile construcțiilor proiectate, coordonatele colțurilor clădirilor capitale).

Procesul grafic de proiectare se utilizează când proiectul nu este legat de construcții existente. La acest procedeu, toate problemele de bază ale sistematizării se rezolvă grafic, pe plan, cu ajutorul coordonatelor grafice ale tuturor punctelor principale ale proiectului. Din aceste coordonate se determină lungimile și direcțiile aliniamentelor izolate și coordonatele polare pentru aplicarea pe teren a axelor principale din punctele bazei topografice. La procedeul grafic, erorile de proiectare E depind în primul rând de precizia planului și de scara acestuia.

Relația de calcul este:

$$E = e \cdot n,$$

unde: e este eroarea la determinarea pe plan a lungimii segmentului sau a coordonatelor iar n – numitorul scării planului.

2.2.3. DETERMINAREA ELEMENTELOR TOPOGRAFICE

Pentru aplicarea pe teren a proiectului construcției trebuie ca toate elementele sale geometrice să fie puse în concordanță între ele și legate matematic de clădirile, construcțiile și obiectele existente pe teren. Aceasta este necesar pentru a elimina atât influența erorilor de proiectare grafică asupra preciziei lucrărilor de trasare, cât și posibilitatea apariției abaterilor mari la poziționarea construcțiilor, în procesul de execuție.

Determinarea elementelor topografice ale proiectului constă în transformarea elementelor geometrice date în proiect în elemente topografice ale proiectului (coordonate, cote, distanțe,

unghiuri, diferențe de nivel, pante) prin procedee de calcul numeric. Astfel, pornind de la dimensiunile construcțiilor din proiect, prin calcule numerice, se determină coordonatele colțurilor construcțiilor, vârfurilor traseelor căilor de comunicații (drum, cale ferată, canale conducte etc.) și vârfurilor de frângere ale liniilor roșii ale construcțiilor. Se determină elementele aliniamentelor și curbelor traseelor, cotele și pantele din proiect. Se verifică concordanța între coordonatele calculate (la proiectare) cu cele reale (prin măsurători) ale construcțiilor și clădirilor de bază (capitale), apoi se efectuează legarea axei principale de trasare de punctele bazei topografice, etc.

Tipurile de probleme topografice care se rezolvă prin calcule numerice sunt: determinările de coordonate ale planurilor, ale direcțiilor și lungimilor laturilor; determinarea coordonatelor punctelor de intersecție a două aliniamente, a unei drepte cu o curbă, a două curbe; calculul coordonatelor punctelor pe segment, pe paralele și perpendicularele date; calcul elementelor curbelor, etc. Pentru control, coordonatele punctelor de proiectare se calculează din poligoane închise și din drumuiri între punctele bazei topografice. Detalii asupra acestor calcule sunt date în diferite manuale și îndrumare practice de specialitate.

În prezent, aceste determinări se efectuează cu ajutorul calculatoarelor, întocmindu-se în acest scop algoritmii corespunzători.

2.2.4. PROIECTUL DE TRASARE A LUCRĂRILOR TOPOGRAFICE

Acesta se elaborează pe baza studiului planului general și al condițiilor tehnice de execuție a fiecărui obiect.

Proiectul lucrărilor topografice de trasare stabilește modalitățile de asigurare topografică, cu precizii date și în termen, a oricărei lucrări complexe de construcții-montaj, inclusiv montarea utilajului tehnologic. În proiect se rezolvă următoarele probleme principale:

- Schemele rețelelor de sprijin pentru trasare (baza de trasare). Măsurătorile pe teren ale bazei de trasare. Precizia și metodele de măsurare. Compensarea. Bornarea și semnalizarea punctelor.
- Verificarea stabilității în plan și în înălțime a bazei în procesul de construcție: Periodicitatea măsurătorilor de control. Îndesirea bazei de trasare.
- Aplicarea pe teren a axelor principale ale construcțiilor; precizie; metode; măsurători de control; marcare.
- Trasarea în detaliu a construcțiilor; precizie; metode și procedee de trasare; marcarea punctelor.

- Asigurarea topografică a lucrărilor de montaj (prefabricate de beton armat, utilaj tehnologic). Metode şi precizia verificării în plan şi în înălţime. Instrumente şi dispozitive speciale.
- Ridicări de execuţie. Metoda de ridicare. Alcătuirea planului general de execuţie.
- Observaţii topo-fotogrametrice asupra deformaţiilor şi deplasărilor construcţiilor şi terenurilor. Precizie. Metode. Baza topografică. Ciclarea măsurătorilor.

2.2.5. ÎNTOCMIREA SCHEMELOR DE TRASARE

Schemele de trasare sunt extinse din planul general al construcţiei sau din alte detalii de execuţie, întocmite la scări convenabile mari şi prelucrate topografic. Sunt documente oficiale care se predau pentru a fi executate întocmai. Schemele de trasare reprezintă sintetic, sub forma grafică, organizarea lucrărilor de trasare în detaliu a obiectelor sau a unor părţi din ele.

Schema de trasare cuprinde, în afară de desen, următoarele date:

- elemente care trebuie trasate (unghiuri, distanţe, diferenţe de nivel, cote, pante);
- cum se execută trasarea (metoda şi procedeele de trasare, punctele şi laturile bazei de trasare);
- măsurile care trebuie luate pentru a asigura precizia de trasare, mai ales în cazul condiţiilor grele ce pot apărea (obstacole, variaţia de temperatură, vânt etc.);
- instrumentele şi aparatele auxiliare folosite la trasare şi măsurătorile speciale legate de verificarea lor;
- când se începe şi când se termină trasarea;
- controlul trasării, indicaţii privind întocmirea schemei de execuţie (schemă cu elementele găsite la măsurătorile de control);
- recepţia trasării şi predarea punctelor trasate;
- materializarea şi semnalizarea punctelor;
- alte măsuri, inclusiv cele legate de protecţia operatorului şi a ajutoarelor sale, în timpul trasării.

Termenele de efectuare a lucrărilor de trasare pe etape sunt legate de planul calendaristic de execuţie a construcţiei.

2.3. TRASAREA ELEMENTELOR TOPOGRAFICE DIN PROIECT*

2.3.1. TRASAREA DIRECŢIILOR

Trasarea pe teren a unei direcţii de mărime cunoscută, constă în găsirea celei de a doua laturi a unghiului, faţă de prima latură fixată pe teren (latura de orientare). În funcţie de precizia necesară trasării direcţiei (unghiului) şi de condiţiile locale se determină instrumentele şi procedeele de trasare corespunzătoare.

Trasarea pe teren a unghiurilor (direcţiilor) din proiect se efectuează cu teodolitul, cu echerul topografic sau prin aplicarea de lungimi, în funcţie de precizia necesară trasării, de instrumentul folosit şi de condiţiile locale. Pentru trasarea pe teren a unghiului β din proiect, teodolitul se instalează în punctul *B* (fig. 2.1), se vizează cu luneta punctul *A* (latura de orientare *B – A*)şi se face citirea c_A la cercul orizontal gradat (de obicei în jurul lui 0^g). Se deblochează alidada, care se roteşte împreună cu luneta, până se obţine citirea $c_B = (c_A + \beta)$. În aliniamentul găsit al axei de vizare a lunetei teodolitului, la distanţa corespunzătoare în proiect *b* se fixează pe teren punctul *C'*. Se repetă aceleaşi operaţii în poziţia a doua a lunetei (cu cercul vertical de exemplu la dreapta). Din cauza erorilor de măsurare inerente, punctul fixat în această poziţie pe direcţia liniei de vizare se va găsi în *C''* în loc de *C'*. Se marchează pe teren punctul *C''*. La jumătatea segmentului *C'C''* se fixează pe teren punctul *C*, admiţând unghiul trasat *ABC* ca fiind unghiul proiectat β.

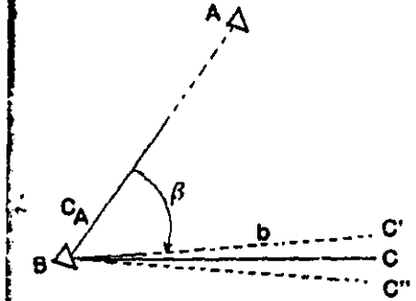


Fig 2.1. Trasarea pe teren a unghiului β cu mărimea dată în proiect.

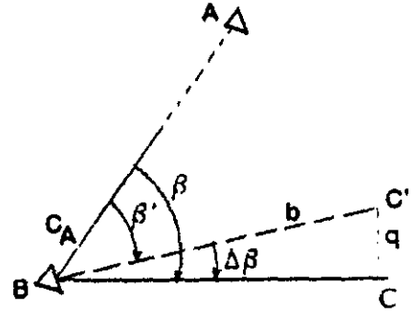


Fig 2.2. Trasarea pe teren cu precizie ridicată a unghiului β din proiect.

Pentru trasarea cu precizie ridicată a unghiului β din proiect se măsoară prin metoda reiteraţiei (cu câteva serii) sau prin metoda repetiţiei unghiul trasat aproximativ *ABC'* (fig.2.2.), obţinând astfel o valoarea β'. Diferenţa dintre unghiul proiectat β şi cel măsurat β' reprezintă corecţia $\Delta\beta = (\beta - \beta')$, care se va fi folosită pentru a creşte precizia unghiului trasat $\beta = \beta' + \Delta\beta$.

Cunoscând din proiect distanța $\overline{BC'} = b$, se calculează corecția liniară (sau reducția) $\overline{C'C} = q$. Din figura 2.2 se deduce:

$$q = b\frac{\Delta\beta^{cc}}{\rho^{cc}},$$

unde: ρ^{cc} este factorul de transformare în radiani ($\rho^{cc} = 636\,620^{cc}$), iar b- lungimea orizontală $\overline{BC'}$ din proiect (sau $\overline{BC'} \approx 60...100m$). Se aplică pe teren corecția liniară q în C' ducând o perpendiculară pe latura BC, obținându-se punctul C. Unghiul ABC va fi egal cu unghiul proiectat β. Pentru control se măsoară unghiul ABC.

Precizia trasării pe teren a unghiului β din proiect depinde de erorile de măsurare propriu-zisă (de vizare și de citire pe cercul orizontal), de erorile instrumentale și de influența condițiilor exterioare (datorită refracției atmosferice laterale, vântului, netransparenței aerului etc.). Deși influența erorilor de centrare a teodolitului în punctul de stație și de reducție a semnalului în punctul vizat, cât și a erorilor datelor inițiale (adică a erorilor în poziția punctelor fixate A și B) nu se manifestă direct asupra preciziei de trasare a unghiului din proiect, totuși acestea provoacă o deplasare a direcției BC și implicit a punctului trasat C.

2.3.2. TRASAREA LUNGIMILOR

Trasarea pe teren a lungimilor din proiect se efectuează :

- prin măsurarea directă cu benzile de oțel (panglici sau rulete de oțel) sau cu benzi și fire de invar în stare suspendată;
- cu tahimetre optice de precizie (tahimetrul „Redta 002" și prin tahimetrie paralactică);
- prin măsurare cu dispozitive electronice de diferite precizii, de tip geodimetru, distomat și teluronetru.

Trasarea pe teren a lungimii (distanței) unei linii din proiect, față de un punct fix al liniei, constă din transpunerea pe direcția dată a distanței a cărei mărime orizontală este egală cu valoarea din proiect.

Corecțiile lungimii trebuie să fie aplicate direct în procesul trasării pe teren, dar acestea îngreunează și complică lucrurile, mai ales în cazul măsurătorilor de precizie ridicată. De aceea, în prezent, se procedează în același fel ca și la trasarea unghiurilor.

Pe teren începând din capătul A al direcției date se aplică distanța D din proiect, fixându-se provizoriu punctul găsit B'. Distanța $\overline{AB'}$ se măsoară, în funcție de *precizia necesară*, cu benzile de oțel pe pământ (sau pe podine), cu firele de invar (sau rulete de oțel cu diviziuni milimetrice) în stare

suspendată, sau cu tahimetre de precizie (tahimetre optice, telemetre electrooptice), ținând seama de toate corecțiile măsurătorilor. Se obține astfel lungimea L a segmentului $\overline{AB'}$ fixat pe teren. Din compararea valorii proiectate a lungimii cu valoarea ei găsită la măsurare se determină corecția liniară $\Delta D = (D - L)$, care se aplică cu semn corespunzător față de punctul provizoriu B' al segmentului, obținând astfel punctul corect B. Pentru control se măsoară segmentul corectat și marcat definitiv pe teren $\overline{AB'}$, iar rezultatul măsurătorii D' trebuie să fie sub toleranța trasării lungimii T, adică $(D - D') \leq T$.

La trasarea pe teren a distanțelor din proiect, prin măsurare directă cu benzile de oțel și firele de invar, corecțiile măsurătorilor sunt de semn invers cu semnul corecțiilor ce se aplică la măsurarea pe teren a lungimilor.

Pentru exemplificarea introducerii corecțiilor principale (de exemplu, de temperatură și de înclinare a terenului) la măsurarea lungimilor și la trasarea pe teren a distanțelor, se admite că există un instrument de măsurare, a cărei lungime l, la temperatura de măsurare t este mai mare decât lungimea sa nominală l. Corecția lungimii liniei măsurată cu acest instrument, între două puncte marcate pe teren, va fi introdusă cu semnul *plus*, deoarece, măsurând cu instrumentul de lungime mai mare, se obține un rezultat mai mic decât cel real. Invers, dacă lungimea instrumentului la temperatura de măsurare l_t este mai mică decât lungimea sa normală l, corecția va trebui aplicată cu semnul *minus*, deoarece la măsurarea cu instrumentul scurtat se obține un rezultat mai mare decât cel real.

La aplicarea distanțelor proiectate semnul corecțiilor este invers. La începutul trasării există numai un punct fixat pe teren, iar al doilea va fi marcat numai după trasarea pe teren a distanței din proiect. De aceea, dacă se aplică distanța din proiect cu un instrument de măsură mai lung, se va obține pe teren o distanță mai mare decât cea din proiect și deci, corecția trebuie introdusă cu semnul *minus*. Dacă instrumentul de măsură este mai scurt (de exemplu, iarna), lungimea aplicată va fi mai scurtă decât cea proiectată și corecția trebuie introdusă cu semnul *plus*.

În cazul liniilor măsurate înclinat (conform înclinării terenului) se aplică corecția de înclinare pentru a reduce lungimea la valoarea orizontală. Această corecție se introduce cu semnul *minus*, deoarece totdeauna distanța înclinată este mai lungă decât proiecția ei pe orizontală. La trasarea lungimii este invers: distanța proiectată trebuie să fie aplicată conform valorii ei orizontale. Aplicând distanța orizontală pe un teren înclinat, aceeași lungime din proiect se va scurta, deci corecția trebuie introdusă în acest caz cu semnul *plus*. De obicei la trasarea construcțiilor, pentru a nu se introduce corecțiile de înclinare, precum și pentru mărirea preciziei măsurătorilor, aplicarea pe

teren a distanţelor proiectate se face pe podine aşezate orizontal sau pe împrejmuiri orizontale (la trasarea construcţiilor civile şi industriale).

Tabelul 2.1 cuprinde corecţiile la măsurarea şi trasarea lungimilor cu un instrument în stare suspendată (l_0 este lungimea instrumentului la temperatura t_0 de etalonare; α şi β - coeficienţi de dilatare termică liniară a instrumentului; h – diferenţa de nivel între capetele instrumentului).

Corecţiile măsurătorilor liniare

Tabel 2.1

Nr. crt.	Denumirea corecţiei	La măsurarea liniilor	La aplicarea distanţelor din proiect
1.	Corecţia de etalonare (comparare)	$\pm \Delta l_k = l_0 - l$	$\pm \Delta l_k = l - l_0$
2.	Corecţia datorită variaţiei de temperatură	$+\alpha \cdot l_0 (t - t_0) + \beta \cdot l_0 (t^2 - t_0^2)$	$+\alpha \cdot l_0 (t_0 - t) + \beta \cdot l_0 (t_0^2 - t^2)$
3.	Corecţia datorită înclinării terenului	$-\frac{h^2}{2l} - \frac{h^4}{8l^3}$	$\frac{h^2}{2l} + \frac{h^4}{8l^3}$

2.3.3. TRASAREA COTELOR DIN PROIECT

Trasarea pe teren a cotelor din proiect (cotele roşii) se efectuează, în principal, prin nivelment geometric şi nivelment trigonometric, pornind de la reperul de nivelment de execuţie de cotă cunoscută, cel mai apropiat.

Aplicarea pe teren a cotelor din proiect prin *nivelment geometric* se execută de preferinţă folosind cota orizontului instrumentului sau a planului de vizare H_v. În prealabil se recalculează cotele faţă de nivelul pardoselii finite de la parterul clădirii (sau faţă de alt nivel convenţional) în acelaşi sistem de cote în care sunt date cotele reperelor de execuţie şi a fost efectuată ridicarea nivelitică a terenului şantierului de construcţie.

Se instalează instrumentul de nivelment la mijlocului distanţei dintre reperul de execuţie R şi punctul B_1 (fig. 2.3), pe verticala căreia urmează a se trasa în înălţime punctul din proiect B la cota dată H_B.

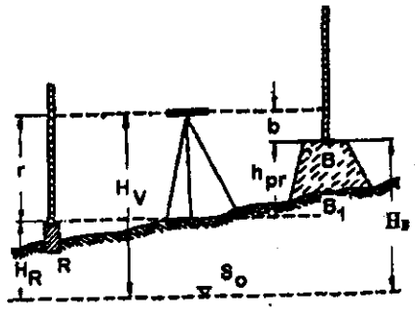


Fig 2.3. Trasarea pe teren a cotei din proiect H_B prin nivelment geometric din mijloc.

Se determină cota planului de vizare H_v a instrumentului:

$$H_v = H_R + r,$$

în care: H_R este cota reperului de execuţie, iar r – citirea pe mină din acest reper.

Se determină citirea pe mină b, necesară pentru trasarea pe teren a cotei din proiect H_B conform relaţiei:

$$b = H_v - H_B,$$

apoi se ridică sau se coboară mira până se obţine la firul reticular nivelor al lunetei instrumentului, citirea b pe mină. Poziţia tălpii mirei trebuie să corespundă cotei proiectate, care se fixează pe teren bătând un ţăruş, înşurubând un bulon sau trasând o linie pe stâlp.

Controlul trasării pe teren se efectuează prin determinarea cotelor reale ale punctelor trasate care se compară cu cele proiectate.

Cotele din proiect se pot transmite pe teren şi cu ajutorul diferenţei de nivel din proiect h_{pr} (fig. 2.3), care se calculează cu relaţia :

$$h_{pr} = H_B - H_R$$

Iar citirea pe mină b, cu formula:

$$b = r - h_{pr}$$

şi la fel prin ridicarea sau coborârea mirei trebuie să se obţină la firul nivelor al instrumentului, citirea b pe mină. După fixarea punctului B la cota din proiect se efectuează citiri repetate pe mirele din reperul R din punctul trasat B şi se determină diferenţa de nivel h. Ţinând seama de semnul diferenţei (h_{pr} – h) se modifică înălţimea punctului B, pentru a se obţine $h = h_{pr}$. Acest procedeu este mai anevoios.

Trasarea cotelor din proiect pe planuri verticale (pe pereţi, pe cofrajele stâlpilor) se face prin marcarea direct pe plan a orizontului instrumentului (proiecţia firului nivelor al reticulului). Apoi se măsoară cu mira (cu ruleta) în sus sau în jos, faţă de această linie, diferenţa de nivel corespunzătoare, fixându-se astfel punctul la cota din proiect.

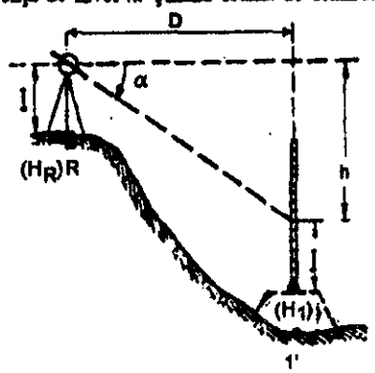


Fig 2.4. Trasarea pe teren a cotei din proiect H_1 prin nivelment trigonometric.

Pentru trasarea pe teren a cotelor din proiect prin *nivelment trigonometric*, se calculează unghiul de înclinare α al lunetei, corespunzător diferenţei de nivel h (fig. 2.4), care se aplică pe teren, vizând cu tendolitul la înălţimea instrumentului I în punctul 1.

În prealabil se determină distanţa orizontală D între reperul de execuţie R şi punctul 1' pe verticala căruia se va găsi punctul 1 de trasare în înălţime la cota din proiect H_1. Distanţa D se

determină prin tahimetrie, cu telemetre electrooptice, din coordonate, prin măsurarea directă cu benzile de oţel. Din figura 2.4. se obţine:

$$h = (H_R - H_1)$$

şi

$$tg\ \alpha = (h/D),$$

în care H_R este cota reperului de execuţie R, în care staţionează teodolitul.

2.3.4. TRASAREA PE TEREN A LINIILOR DE PANTĂ DATĂ

Aplicarea pe teren a liniilor de pantă dată în proiect se efectuează, în principal, prin nivelment geometric, nivelment trigonometric şi cu setul de teuri. Se trasează întâi punctele principale ale liniei înclinate din proiect şi apoi cele intermediare, pe baza punctelor principale fixate pe teren.

- ***Trasarea prin nivelment geometric de mijloc*** se face între punctele principale *A* şi *B'* (fig. 2.5) între care distanţa este de maximum 100....200 m.

Citirea *b* pe mira aşezată în punctul *B'*, ce corespunde pantei date i, este :

$$b = (b' - k);$$

în care:

$$k = (h + s);\ \ h = |a - b'|\ \text{şi}\ s = d \cdot i$$

unde: *a* este citirea pe mină aşezată în punctul *A* din urmă; *b'* – citirea pe mină aşezată în punctul *B'* al terenului ; k = $\overline{BB'}$ - mărimea segmentului ce corespunde cotei de terasamente (de lucru), iar segmentul *k* se materializează pe teren printr-un ţăruş (sau par); *h* – diferenţa de nivel dintre punctele principale ale terenului; *d* – distanţa orizontală dintre punctele principale. Distanţa orizontală *d* se obţine cu relaţiile:

$$d = \sqrt{l_0^2 - h^2},$$

când lungimea înclinată l_0 nu depăşeşte lungimea benzii de oţel, sau cu:

$$d = n(l + \Delta l_k) + \omega \cdot l \cdot n(t - t_0) - \sum \Delta h + r + \Delta r$$

unde:

$$\Delta h = (h^2 / 2l),$$

în care:

n este numărul de benzi aplicate;

l – lungimea nominală a benzii;

Δl_k – corecţia de comparare pentru o bandă de oţel;

ω - coeficientul de dilatare liniară a benzii de oţel;

t şi t_0 – temperatura benzii în timpul măsurării, respectiv, la comparare;

$\sum \Delta h$ – suma corecţiilor de înclinare a capetelor benzii pe porţiunea corespunzătoare numărului întreg *n* de benzi;

r – restul de lungime corespunzătoare fracţiunii din lungimea benzii;

Δr – suma corecţiilor de comparare, de temperatură şi de înclinare, calculate fiecare pentru lungimea *r*; *h* – diferenţa de nivel determinată între capetele benzii.

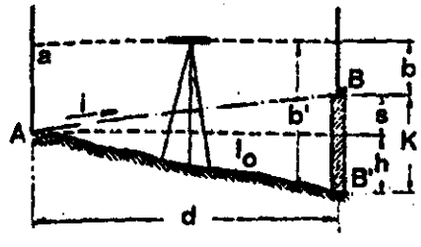


Fig 2.5. Trasarea pe teren a liniei de pantă dată prin nivelment geometric de mijloc.

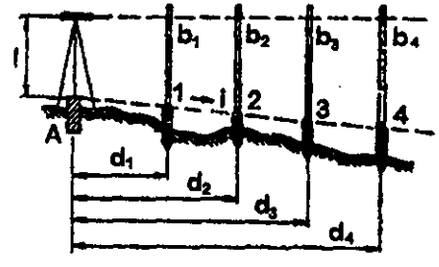


Fig 2.6. Trasarea pe teren a liniei de pantă dată prin nivelment geometric de capăt.

Pentru trasarea pe teren a liniilor de pantă dată prin nivelment geometric *de capăt*, instrumentul de nivelment se aşează în punctul A (fig. 2.6). Se măsoară înălţimea instrumentului *I*. Citirile b_1, b_2, b_3,... pe mira aşezată pe rând în punctele 1, 2, 3...se determină cu relaţiile:

$$\left.\begin{aligned} b_1 &= I \pm i \cdot d_1 \\ b_2 &= I \pm i \cdot d_2 \\ b_3 &= I \pm i \cdot d_3 \end{aligned}\right\}$$

.....

unde: d_1, d_2,..... sunt distanţele orizontale din punctul A până la fiecare ţăruş 1, 2,.... (distanţele d_i se măsoară cu benzile de oţel prin metoda culcelaţiei, sau prin tahimetrie stadimetrică cu luneta instrumentului de nivelment); *i* – panta dată.

Pe teren, se ridică sau se coboară mira în fiecare punct până se obţine citirea calculată b_i, după care se bate ţăruşul pentru această poziţie a mirei.

Acest procedeu permite trasarea şi a punctelor intermediare conform pantei date.

• ***Trasarea prin nivelment trigonometric.*** Se execută cu ajutorul teodolitului, cu care se aplică unghiul vertical α determinat din panta dată $i = tg\,\alpha$ care urmează să fie trasată. Se introduce la cercul vertical al teodolitului unghiul α şi în punctul următor se ridică sau coboară mira până când se citeşte pe ea înălţimea instrumentului.

• ***Trasarea cu setul de teuri.*** În lucrările curente de trasare, se folosesc minimum trei teuri, dintre care unul are partea de sus la înălţime dublă. Două teuri se aşează în punctele principale *A* şi *B* (fig. 2.7), iar al treilea se deplasează în lungul liniei terenului între aceste puncte, ridicându-l sau coborându-l, astfel încât muchia superioară a teului 3 să se găsească prin linia de vizare 1-2 (de pantă dată *i*) ce porneşte din ochiul operatorului situat în apropierea punctului *A*.

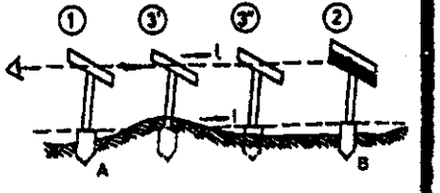


Fig 2.7. Trasarea pe teren a liniei de panta dată cu setul de teuri.

2. 4. METODE DE TRASARE ÎN PLAN*

Trasarea în plan a axelor şi punctelor caracteristice ale construcţiilor se efectuează prin diferite metode. Alegerea metodelor de trasare depinde: de natura obiectului de trasat (axe principale, detalii de construcţii), de dimensiunile şi forma în plan a construcţiei, de condiţiile măsurătorilor (teren accidentat, obstacole ce împiedică vizibilitatea şi măsurarea, măsurarea pe apă, la înălţime, în subteran etc.), de precizia necesară trasării, de depărtarea punctelor de sprijin în plan, de existenţa unor anumite tipuri de instrumente topografice, etc.

Metodele de trasare în plan a axelor principale sunt următoarele: metoda coordonatelor polare, metoda coordonatelor rectangulare, metoda intersecţiilor unghiurilor înainte (sau metoda intersecţiei înainte), metoda triunghiurilor şi metoda intersecţiei unghiulare înapoi (sau metoda intersecţiei înapoi).

Trasarea în detaliu a construcţiilor se efectuează faţă de punctele marcate pe teren ale axelor principale, iar ca metode de trasare în detaliu se folosesc metoda intersecţiei reperate şi metoda intersecţiei liniare. De asemenea, sunt folosite şi metodele coordonatelor polare şi coordonatelor rectangulare.

În ultimul timp s-a extins utilizarea metodei aliniamentului datorită preciziei şi simplităţii pe care o conferă măsurătorilor, în prezent fiind utilizată:

- ca metodă de trasare în plan a axelor principale, de detaliu şi de montaj, inclusiv a punctelor pe aceste axe;
- ca metodă de verificare şi control în timpul montării utilajului tehnologic;
- ca metodă de măsurare a deplasărilor în plan a punctelor construcţiilor şi a terenurilor alunecătoare.

2.4.1. METODA COORDONATELOR POLARE

Metoda se foloseşte la trasarea pe teren a punctelor din proiect când baza de trasare este o drumuire poligonometrică sau o reţea topografică de construcţie (pătrate şi dreptunghiuri).

Punctul construcţiei *C* (fig. 2.8) se trasează pe teren prin aplicarea cu teodolitul din punctul de staţie *B* a unghiului proiectat β şi a distanţei *b* din proiect.

Mărimile β şi b se determină în timpul pregătirii topografice a proiectului cu relaţiile generale:

$$tg\theta_C = \frac{y_C - y_B}{x_C - x_B}$$

$$b = \frac{y_C - y_B}{\sin\theta_{BC}} = \frac{x_C - x_B}{\cos\theta_{BC}}$$

$$\beta = \theta_{BC} - \theta_{BA}$$

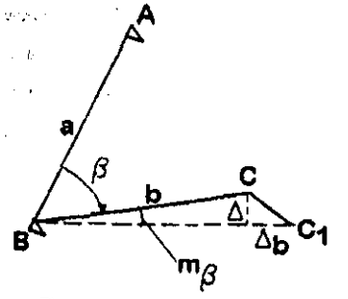


Fig 2.8. Metoda coordonatelor polare.

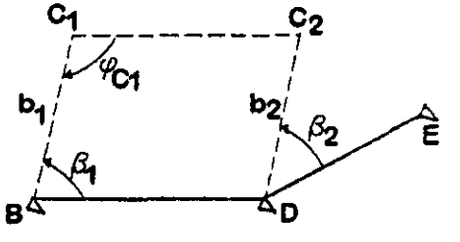


Fig 2.9. Controlul trasării pe teren a punctelor C_1 şi C_2.

Coordonatele rectangulare ale punctului *B* şi orientarea 0_{BA} sunt cunoscute de la alcătuirea bazei de trasare; coordonatele rectangulare ale punctului C, în acelaşi sistem de axe, sunt date în proiect.

Controlul trasării punctului *C* se efectuează :

- fie prin trasarea punctului *C* din alt punct de sprijin;
- fie prin trasarea punctului *C* prin altă metodă de trasare;
- fie prin compararea distanţelor şi unghiurilor dintre punctele trasate C_1, C_2 etc. (fig. 2.9), obţinute prin măsurare pe teren, cu valorile cunoscute din proiect: $d_{teren} = d_{proiect}$ şi $\varphi C_{1(teren)} = \varphi C_{1(proiect)}$.

2.4.2. METODA COORDONATELOR RECTANGULARE

Metoda se foloseşte când există pe teren o reţea topografică de construcţie (pătrate şi dreptunghiuri), iar toate punctele principale ale proiectului au coordonatele rectangulare în sistemul de axe de coordonate ale reţelei de construcţie.

Elementele de trasare ale punctului *C* (fig. 2.10), abscisa x şi ordonata y, sunt calculate faţă de punctul 20 de pe latura 20 – 21 a reţelei de construcţie.

În lungul laturii 20 – 21 se aplică valoarea mai mare a coordonatei (ordonata y în fig. 2.10) obţinându-se punctul *P* (punctul de aliniament). În punctul *P* se instalează teodolitul, care trasează faţă de latura reţelei 20 –21, unghiul $\beta = 100^g$ (cel puţin în două poziţii ale lunetei). Pe direcţia perpendicularei pe latura reţelei se aplică pe teren valoarea mai mică a coordonatei (abscisa x în figura 2.10) şi se obţine poziţia punctului *C* din proiect, care se marchează pe teren.

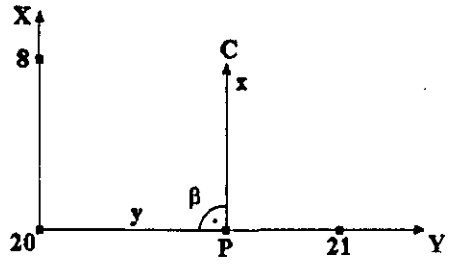


Fig. 2.10. Metoda coordonatelor rectangulare.

Controlul trasării se face: prin repetarea măsurării valorilor trasate x, y şi unghiul $\beta = 100^g$ (ale căror abateri faţă de proiect nu trebuie să depăşească mărimea admisă la calculul preciziei necesare); prin trasarea punctului *C* prin altă metodă (de exemplu, metoda coordonatelor polare din punctul 20); prin metoda coordonatelor rectangulare, aplicând unghiul $\beta = 100^g$ faţă de latura 20 – 8; prin verificarea distanţelor şi unghiurilor dintre punctele trasate C_1, C_2,...cu valorile date în proiect.

2.4.3. METODA INTERSECŢIEI UNGHIULARE ÎNAINTE

Metoda se utilizează la trasarea axelor principale, inclusiv a centrelor infrastructurilor de poduri şi de construcţii hidrotehnice din puncte de triangulaţie şi, în general, acolo unde măsurarea distanţelor din punctul de sprijin la punctul trasat *C* este grea sau imposibilă.

Punctul din proiect *C* (fig. 2.11) se trasează pe teren prin aplicarea cu teodolitul a unghiurilor orizontale α şi β din punctele de sprijin *A* şi *B* faţă de direcţiile *AB* şi respectiv *BA*. Controlul poziţiei punctului trasat *C* se face prin metoda intersecţiei unghiulare înainte „multiple", adică prin trasarea din trei sau mai multe puncte de sprijin, când se obţine pe teren triunghiul (poligonul) de eroare. În centrul de greutate al acestui triunghi (poligon) se va găsi pe teren poziţia justă a punctului *C*.

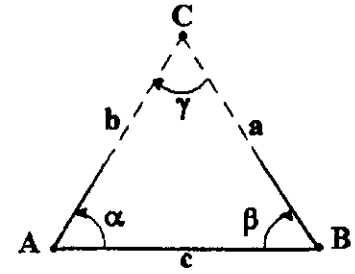


Fig. 2.11. Metoda intersecţiei unghiulare înainte din două puncte de sprijin.

2.4.4. METODA TRIUNGHIULUI

Această metodă se utilizează pentru a creşte precizia de trasare a punctelor prin intersecţie unghiulară înainte. Metoda se aplică în trei etape:

- se trasează prin intersecţie unghiulară înainte punctul *C* care se marchează provizoriu;
- se măsoară cu teodolitul în triunghiul *ABC* (fig.2.11) toate unghiurile α, β şi γ; după compensarea neînchiderii unghiulare în triunghi (în mod egal sau conform cu ponderile măsurătorilor unghiulare) se determină coordonatele rectangulare ale punctului *C* fixat provizoriu; se calculează corecţiile prin compararea coordonatelor punctului *C* din proiect cu cele obţinute prin măsurare;
- se deplasează punctul *C* fixat provizoriu, în poziţia justă conform mărimii şi direcţiei corecţiilor, apoi se marchează permanent.

2.4.5. METODA INTERSECŢIEI ÎNAPOI DIN TREI PUNCTE DE SPRIJIN

Metoda constă din trasarea provizorie a punctului *C* (fig. 2.12) prin orice metodă de trasare, după care, cu teodolitul instalat în punctul *C*, se măsoară unghiurile γ_1, γ_2 şi γ_3 între direcţiile spre trei puncte de sprijin *A*, *B* şi *E*. Se calculează coordonatele punctului *C* trasat provizoriu şi din compararea acestora cu coordonatele din proiect ale punctului *C* se determină corecţiile, care se aplică pe teren, obţinând poziţia punctului *C*, conform proiectului. Determinarea corecţiilor rectangulare sau polare se face grafic, grafoanalitic sau analitic prin procedee riguroase.

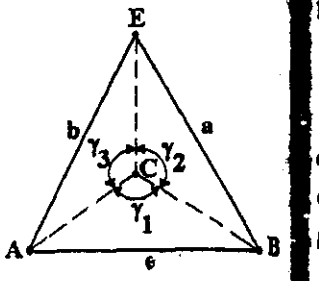


Fig. 2.12. Metoda intersecţiei unghiulare înapoi, din trei puncte de sprijin

Metoda intersecţiei înapoi din trei puncte de sprijin s-a aplicat cu succes la trasarea cu precizie a centrelor infrastructurilor podurilor iar în ţara noastră la trasarea punctelor fundamentale de pe axele barajelor de beton arcuite (Argeş, Lotru etc).

Metoda este limitată de posibilitatea de staţionare cu teodolitul în punctul trasat provizoriu, la fel ca la metoda triunghiului.

2.4.6. METODA INTERSECŢIEI LINIARE

Această metodă constă în trasarea pe teren a punctului construcţiei C_1 prin intersecţia distanţelor *a* şi *b* aplicate din punctele *A* şi *B* aflate pe latura construcţiei *MN* şi *PQ* (fig. 2.13, b). Metoda se plică numai când valorile proiectate ale distanţelor *a* şi *b* nu depăşesc lungimea unor benzi sau fire (de obicei, maximum 20....24m).

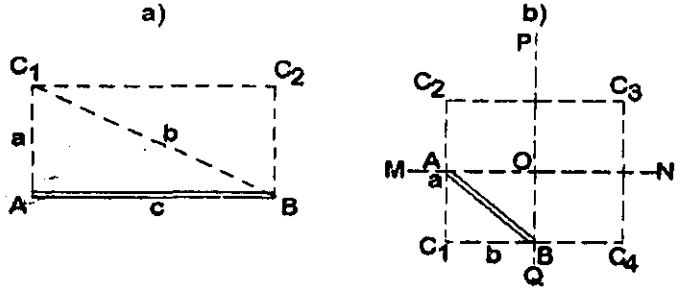


Fig. 2.13. Metoda intersecţiei liniare

Controlul trasării se realizează prin măsurarea pe teren a laturii C_1C_2 (fig. 2.13, a) care trebuie să fie egală cu latura *AB*; dacă în figura 2.13, b, se trasează conturul unei fundaţii, controlul se face prin compararea diagonalelor măsurate C_1C_3 şi C_2C_4 care trebuie să fie egale cu mărimile proiectate.

2.4.7. METODA INTERESCŢIEI REPERATE

Această metodă se foloseşte în principal la trasarea detaliilor construcţiilor în timpul execuţiei clădirilor (fundaţii , ziduri), a halelor industriale (fundaţii, stâlpi, maşini etc.), în incinta staţiilor de cale ferată (traversării joncţiunii etc), la construirea aeroporturilor, incintelor portuare, etc. Metoda poate fi folosită şi la trasarea centrelor infrastructurilor pe axele principale ale podurilor şi barajelor.

La trasarea detaliilor, poziţia punctului *C* se determină pe teren la intersecţia a două aliniamente (linii de vizare) ale căror capete sunt fixate pe axele opuse ale construcţiilor (fig. 2.14 a), pe pământ sau pe împrejmuiri (perimetre) de trasare (fig. 2.14, b). Aliniamentele se construiesc optic, cu teodolitele, iar la distanţe mici, se materializează prin întinderea unor fire de oţel (1 – 1 şi 2 – 2). La trasarea detaliilor aliniamentele se intersectează sub un unghi drept.

Trasarea punctelor pe axele podurilor prin intersecţie reperată se desfăşoară conform schemei generale din figura 2.15. Aliniamentele A_1S_1'' şi B_1S_1' pentru trasarea punctului C_1 pe axa *MN* se bornează la capete. În punctele A_1, B_1 staţionează pe rând teodolitele, iar în punctele S_1', S_1'' se instalează mărci de vizare. Prin vizarea concomitentă cu două teodolite din A_1 şi B_1 la mărcile S_1'' şi S_1' se determină, la intersecţia celor două vize, punctul C_1 al proiectului. Se procedează la fel şi pentru trasarea punctului C_2, care se obţine la intersecţia aliniamentelor A_2S_2'' cu B_2S_2'.

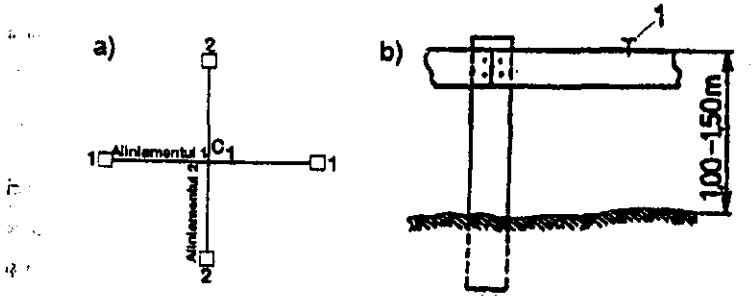


Fig. 2.14. Metoda intersecţiei reperate: a – trasarea detaliilor; b – împrejmuire de trasare;
1 – semnal de vizare pe împrejmuire în aliniamentul 1 – 1.

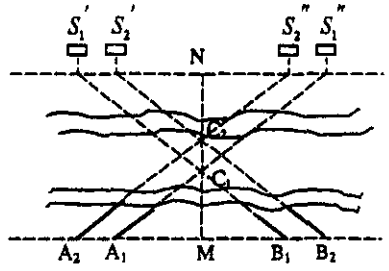


Fig. 2.15. Trasarea punctelor C_1, C_2 pe axa MN a podului prin intersecție reperată

2.5. TRASAREA ALINIAMENTELOR*

Se referă la trasarea pe teren a punctelor de capăt ale aliniamentului, precum și a punctelor intermediare, alese la intervale de câte 20 până la 200 m, astfel ca tot traseul aliniamentului să fie vizibil pe teren.

Pe terenuri plane, fără obstacole, rezolvarea acestei probleme nu provoacă greutăți, în schimb într-un teren accidentat și cu obstacole, cum sunt, de exemplu, clădirile, pădurea, ondulațiile terenului etc. se impune ca la trasarea aliniamentului să se rezolve o serie de probleme trigonometrice, analitice și de poligonometrie. Astfel de cazuri apar mai ales la trasarea aliniamentelor de lungimi mari, la trasarea căilor ferate și a drumurilor, la trasări în apropierea cursurilor de apă, a liniilor de înaltă tensiune, aeroporturi, la montarea liniilor tehnologice de lungimi mari.

Metodele de lucru se aleg ținând seama de condițiile terenului și de precizia necesară a trasării.

2.5.1. TRASAREA CU PROCEDEE CLASICE

Este necesară la fixarea pe teren a axului de montaj al liniilor tehnologice de lungimi mari (100...1 500 m). Indiferent de procedeul folosit, capetele aliniamentului *AB* sunt accesibile măsurătorilor și marcate pe teren prin borne-pilaștri care permit centrarea fortată a teodolitului și mărcilor de vizare. Construirea pe teren a unui aliniament prin vizarea optică se efectuează, în

principal, prin procedeul vizării directe și procedeul punctelor pe aliniament (procedeul aliniamentelor succesive).

Procedeul vizării directe este următorul: teodolitul instalat în punctul *A* (capătul aliniamentului) vizează celălalt capăt *B* pe o marcă (țintă) de vizare fixă. În aliniamentul axei de vizare a lunetei teodolitului se așează o marcă de vizare mobilă în punctul intermediar 1 ce urmează a fi trasat pe aliniament. Punctul 1 corespunde centrului sau axei unui element prefabricat sau unui subansamblu dintr-un utilaj tehnologic ce trebuie montat.

Procedeul aliniamentelor succesive se folosește la montarea cu precizie a liniilor tehnologice de lungimi mari, având avantajul că reduce influența erorilor de vizare.

La acest procedeu se împarte distanța *s* (fig. 2.16) dintre punctele de capăt ale aliniamentului *AB* în *n* tronsoane aproximativ egale . Teodolitul instalat în punctul *A* vizează pe ținta mărcii de vizare fixă instalată în capătul *B* al aliniamentului. În primul tronson $AP_1 = (s/n)$ al aliniamentului se aduce în axa optică de vizare a teodolitului, cu ajutorul unei mărci de vizare mobilă (fig.2.17), detaliul utilajului care se montează. Marca mobilă se fixează în punctul P_1, apoi se scoate din dispozitivul de prindere și în locul ei se așează teodolitul mutat din *A*. Teodolitul vizează marca fixă din *B* și în aliniamentul P_1B, de la punctul P_1 până la P_2, se continuă trasarea și fixarea punctelor intermediare cu ajutorul mărcii mobile care se instalează în punctul P_2 din tronsonul al doilea. Apoi teodolitul este mutat în punctul P_2 etc. Mutând astfel teodolitul în punctele stabilite în aliniament cu ajutorul mărcii mobile și orientându-l după marca fixă din *B*, se montează linia tehnologică în toate cele *n* tronsoane. Trasarea unui număr *i* de puncte intermediare în cele *n* tronsoane ale aliniamentului *AB* se face la fel, cu deosebirea că în locul detaliilor de utilaje se aduc trepiede cu dispozitive optice de centrare care permit marcarea poziției mărcii mobile în axul aliniamentului.

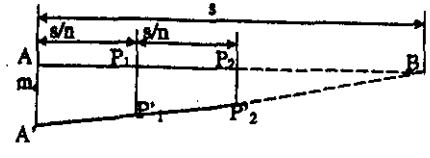


Fig. 2.16. Procedeul aliniamentelor succesive

2.5.2. TRASAREA CU DISPOZITIVE LASER

Înlocuind ocularul la lunetele teodolitelor Wild T1A, T16 și T2 cu un ocular laser Wild GL01, acestea sunt transformate în teodolite laser. Odată cu ocularul se mai fixează de trepiedul teodolitului un echipament format dintr-un laser HeNe, un cordon cu fibră optică protejat într-un tub metalic și sursa de alimentare cu curent electric. Fascicolul luminos (de culoare roșie și de o strălucire foarte puternică și dispersie foarte mică) produs de laser se propagă prin luneta

teodolitului, putând fi orientat orizontal sau vertical, precum şi focalizat pentru a realiza o linie de referinţă exactă.

Fascicolul emis de laser se propagă prin fibra optică, apoi este deviat de o prismă semireflectantă şi focalizat în planul reticulului lunetei. Apoi, fascicolul trece prin obiectivul lunetei fiind dirijat spre locul vizat cu luneta pentru a forma un punct luminos în centrul reticulului. Punctul emis se vede bine până la 100 m distanţă, iar în întuneric până la 400 m În ocularul laser se găsesc filtre cu scopul de a proteja ochiul observatorului. Teodolitele laser se utilizează:

- la *direcţionarea* (ghidarea) maşinilor de săpare a galeriilor (în tuneluri, metrou) şi a maşinilor de aşternere a betonului şi asfaltului la executarea îmbrăcăminţii autostrăzilor etc;
- pentru *alinierea* dispozitivelor de ancoraj în fundaţii şi a pieselor la montajul utilajului tehnologic (laminoare, turbine etc.), pentru alinierea căilor de rulare la montajul podurilor macara, la trasarea axelor de montaj în construcţiile navale şi aeronautice;
- pentru *marcarea* punctelor inaccesibile măsurătorilor pe pereţi, stânci, etc.;
- la *execuţia* prin cofraje glisante a construcţiilor industriale de tip turn (de exemplu coşuri de fum etc.).

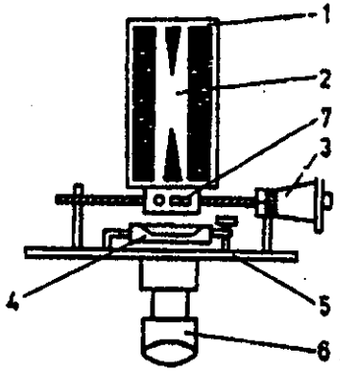


Fig. 2.17. Marca de vizare mobilă
1-panou mobil; 2-ţintă de vizare; 3-tambur micrometric cu diviziuni; 4-nivelă torică; 5-suport; 6-dispozitiv de prindere; 7-vernier

CAPITOLUL 3

LUCRĂRI TOPOGRAFICE PENTRU CĂI DE COMUNICAŢII

3.1. LUCRĂRI TOPOGRAFICE LA PROIECTARE

Proiectele de căi de comunicaţii, se elaborează în două faze:

- faza lucrărilor preliminarii;
- faza lucrărilor definitive.

Pentru elaborarea proiectului se execută diverse lucrări pentru a găsi pe teren cele mai bune poziţii ale axei terenului, cât şi pentru a întocmi proiectul drumului sau căii ferate cu toate construcţiile anexe.

Lucrările preliminarii conduc la elaborarea studiului tehnic-economic (notă de comandă) iar lucrările definitive au drept scop întocmirea proiectului de execuţie.

3.1.1. LUCRĂRI PRELIMINARE

Din lucrările preliminarii fac parte: documentarea, studiul pe hartă, recunoaşterea pe teren şi elaborarea studiului.

Documentarea este operaţia prin care se strâng toate datele necesare întreprinderii studiului. Aceste date rezultă din studii existente asupra regiunii în care se va construi drumul sau calea ferată, din planuri şi hărţi cât mai recente, la diverse scări (1:100.000...1:2.000), pentru a vedea atât ansamblul în care se va desfăşura calea de comunicaţie cât şi părţile de detaliu, din informaţii cu privire la geologia, hidrologia şi clima regiunii, din informaţii cu privire la stadiul economic actual şi la perspectivele de dezvoltare a regiunii. Dacă documentaţia topografică existentă nu mai corespunde cu realitatea, se vor efectua ridicări aerofotogrametrice (în cazul studiilor pe întinderi sau suprafeţe mari) sau ridicări topografice planimetrice şi altimetrice, pe fâşii sau zone de teren ale căror direcţii şi limite le indică proiectantul.

Studiul pe hartă se face după ce afost strâns şi sistematizat întregului material documentar, apoi se trece la primul pas tehnic de studiu, care are drept scop determinarea unor trasee posibile. Se folosesc hărţi şi planuri în funcţie de accidentaţia terenului: 1:20.000...1:100.000 pentru regiuni de

şes şi 1:5.000...1:20.000 pentru regiuni accidentate şi centre populate. În prima operaţie de studiu se iau în consideraţie numai criteriul declivităţii şi al minimului de terasamente.

Determinarea traseului pe considerentul declivităţii şi al minimului de terasamente se reduce la aflarea unui traseu cu declivitate constantă, astfel încât pe axa acestui traseu să nu fie nici săpătură şi nici umplutură (fără a se ţine seama de razele curbelor, de lungimea şi de succesiunea lor). Axa acestui traseu se numeşte axa zero iar metoda de determinare a reprezintă metoda axei zero, deoarece săpăturile şi umpluturile sunt nule. Este evident că într-o regiune dată se pot determina mai multe axe zero pentru diversele declivităţi folosite sau pentru aceiaşi declivitate.

Problema cea mai importantă pentru determinarea unui traseu prin metoda axei zero este alegerea declivităţii iniţiale de studiu. Pentru aceasta, se stabilesc liniile călăuză, unind punctele de capăt ale traseului cu cele obligate intermediare, I_i, obţinându-se sectoare de studiu. Traseul nu trebuie să se depărteze prea mult de linia călăuză spre a nu se lungi inutil (fig. 3.1.).

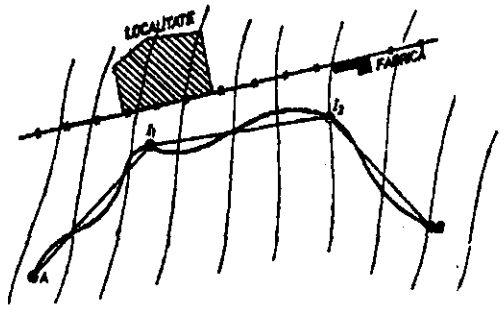


Fig. 3.1. Linia călăuză a traseului.

Se determină pentru fiecare sector în parte AI_1, I_1I_2, I_2B, declivitatea terenului, pe baza cunoaşterii diferenţei de nivel dintre punctele obligate şi a lungimii aproximative pe care se întrevede că se va desfăşura traseul. Dacă declivităţile diferitelor sectoare au valori apropiate, se alege o declivitate medie cu care se începe determinarea axei zero. În acest caz, dacă se ivesc dificultăţi (îndepărtarea de la linia călăuză sau de la punctul la care trebuie să se ajungă), se poate schimba declivitatea axei zero, fie local, fie pe întreaga porţiune de studiu. Dacă declivităţile diverselor sectoare sunt diferite ca valoare, atunci fiecare sector în parte se studiază pentru declivitatea respectivă, cu condiţia să fie egală sau mai mică decât declivitatea maximă admisă pentru calea de comunicaţie respectivă.

Rezultă astfel că metoda axei zero este o metodă de studiu prin încercări. Dar, axa zero nu poate fi păstrată ca axă definitivă a traseului căutat, deoarece reprezintă o linie şerpuită, cu inflexiuni dese (între curbele de nivel), pe care s-ar desfăşura cu greu circulaţia vehiculelor.

Axa zero este printr-o înşiruire de linii drepte, aliniamente, racordate între ele prin arce de cerc (curbe) astfel încât circulaţia să se desfăşoare în bune condiţiuni.

Pentru aceasta se aleg părţi din axa zero care sunt apropiate de linia dreaptă, suprapunând câte un aliniament în aşa fel încât să lase de o parte şi de alta a lui, părţile egale din axa zero care au abateri de aceiaşi mărime (fig.3.2).

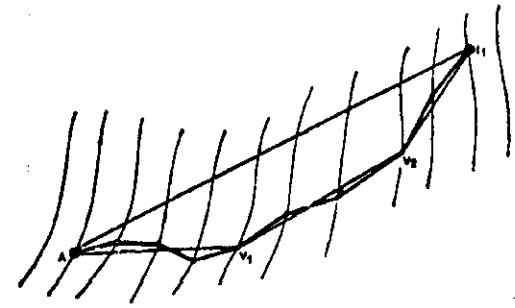


Fig. 3.2. Înlocuirea axei zero prin aliniamente.

După ce s-a făcut înlocuirea pe întreg traseul, se cercetează rezultatele obţinute şi se studiază posibilităţile de îmbunătăţire prin corecturi şi schimbări de aliniamente, de lungime convenabilă, care să permită înscrierea curbelor de racordare şi amenajarea lor. Se obţin astfel pe plan vârfurile de unghiuri, V_i, ale aliniamentelor.

Diversele trasee studiate pe baza acestei metode se desenează cu culori diferite şi se numerotează cu cifre romane, culoarea roşu şi numărul I primind-o traseul pentru care calculele tehnico-economice vor arăta cele mai multe avantaje.

Pentru fiecare traseu se marchează poziţiile kilometrilor, mărimea razelor curbelor şi se alcătuieşte un bilanţ al avantajelor şi dezavantajelor pe care îl prezintă.

Recunoaşterea pe teren se efectuează după studierea traseelor posibile pe hartă şi are drept scop identificarea lor pe teren. Recunoaşterea constă din parcurgerea fiecărui traseu cu piciorul şi din culegerea tuturor datelor ce influenţează amplasarea căii de comunicaţie. Se completează hărţile cu eventualele modificări ale reliefului şi planimetriei, survenite de la ridicarea lor şi se verifică declivităţile studiate pe hartă. Se culeg informaţii cu privire la climă, la nivelul apelor extraordinare, se determină nivelul apelor subterane, se fac însemnări cu privire la natura terenului, etc.

Elaborarea studiului şi completarea planurilor se face utilizând întregul material documentar obţinut prin recunoaşterea pe teren. Se părăsesc traseele vădit necorespunzătoare şi eventual se studiază altă variantă care a apărut posibilă şi mai bună la recunoaştere.

Încă de acum, una din variante apare ca cea mai probabilă, întrunind cele mai multe calităţi. Pentru această variantă se stabilesc indici tehnico-economici. Celelalte soluţii vor fi la fel studiate în ordinea posibilităţii lor. Toate acestea se pun în evidenţă în studiul tehnico-economic, în care se

motivează amplu soluția aleasă cu avantajele și dezavantajele ei. Studiul astfel întocmit va fi supus avizării forurilor competente.

Lucrările topografice în faza preliminară se fac cu ocazia întocmirii acestui studiu din punct de vedere al măsurătorilor topografice, când pe lângă ridicările de completare a planurilor și hărților, cu ocazia recunoașterii pe teren a variantelor se fac însemnări diferite (fără pichetare), prin care să se poată recunoaște de topografi mai târziu traseul ales. Se stabilește, în principiu, în apropierea traseului celui mai posibil, rețeaua de sprijin planimetrică și altimetrică, necesară ridicărilor pentru proiectarea și modul de legare al ridicărilor de aceste rețele.

Pentru ridicarea altimetrică se aduc cote prin nivelment geometric, dus și întors de la rețeaua de sprijin, în zona posibilă a traseului. Astfel, de exemplu, de la reperii de sprijin RNS_1 și RNS_2 se aduc cotele în zona cea mai probabilă a traseului, materializându-se reperii principali RNP_1 și RNP_2 (fig.3.3).

Reperii principali pot fi la început destul de depărtați, de exemplu la 4...5 km unul de altul sau mai puțin, după caz. Toleranța erorilor de închidere la acest nivelment de aducere de cote în zona viitorului traseu poate fi: $T = \pm 10mm\sqrt{L_{km}}$. Reperii de sprijin RNS pot fi reperi de nivelment general al țării (cel mai bine) sau, în lipsa acestora, reperi de nivelment dintr-o rețea de sprijin locală; în orice caz este bine ca altitudinile să fie raportate la nivelul mării.

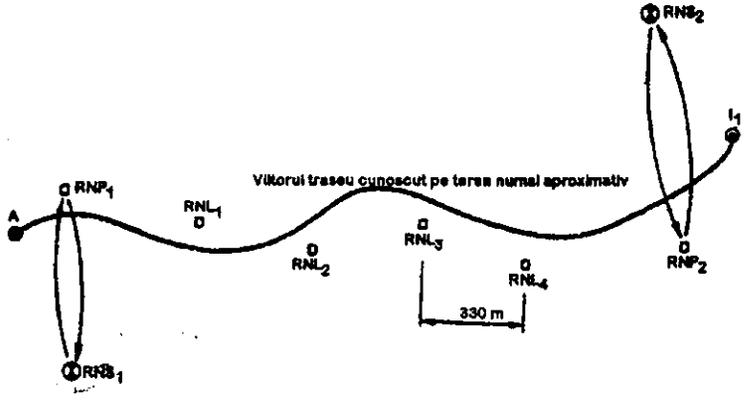


Fig. 3.3. Transmiterea nivelmentului în zona traseului :
RNS_1, RNS_2 - reperi de sprijin, RNP_1, RNP_2 - reperi principali, RNL_1...RNL_4 - reperi de lucru.

De la reperii de nivelment principali RNP se pornește cu drumuiri de nivelment geometric pentru îndesirea lor, marcându-se astfel pe teren reperi de nivelment de lucru, de exemplu RNL_1, RNL_2 etc., depărtați la aproximativ 330 m, adică câte trei reperi pe km. Acești reperi de lucru vor servi mai târziu la ridicarea altimetrică și la transmiterea de cote pe traseu, unde va fi necesar. Reperii principali se vor materializa prin borne iar reperii de nivelment de lucru prin țăruși din lemn.

Pentru ridicarea topografică a fâșiei de teren necesară întocmirii proiectului, se execută drumuirea de nivelment parcurgând patru etape.

1. De pe hartă sau din documentele de recunoaștere se ia panta medie a traseului pe porțiuni, cu care se trasează o drumuire de această pantă, pe teren. De exemplu: $p\% = 3\% = 100 \cdot tg\,\alpha$, în care α este unghiul de pe teren. Se calculează: $tg\alpha = \frac{3}{100} = 0{,}03$ și se extrage α. Se aduce cota de la reperul de nivelment cel mai apropiat la primul punct din drumuire, D_1.

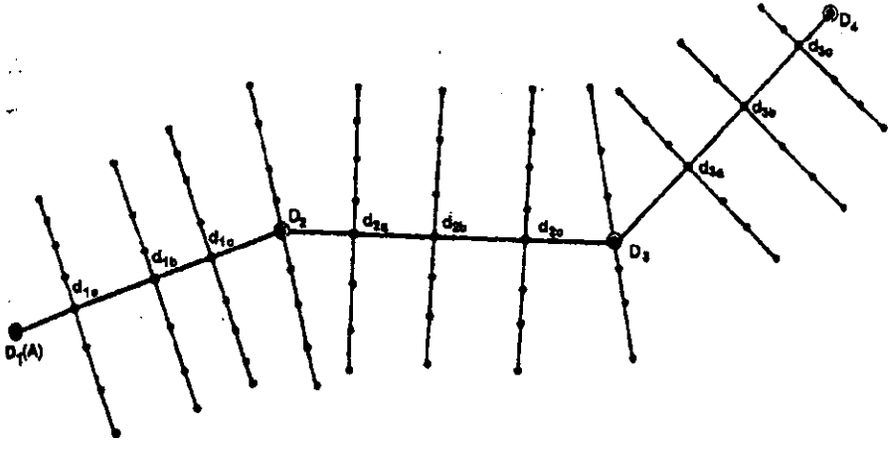


Fig. 3.4. Drumuire de ridicare topografică.

2. Se face stație cu teodolitul în punctul D_1 care coincide cu punctul A (punctul de început al traseului), se introduce unghiul α la cercul vertical al teodolitului și se vizează la înălțimea instrumentului, mira fiind deplasată într-un punct D_2 astfel ales ca să poată fi utilizat ca punct de drumuire pentru ridicarea detaliilor. Se face stație în punctul D_2 și cu același unghi α în aparat se trasează o altă latură de drumuire, adică un alt punct D_3 ales ca poziție planimetrică astfel încât să permită ridicarea detaliilor din zona posibilă a variantei traseului etc.(fig.3.4).

După această pichetare a drumuirii de ridicare, se procedează la măsurarea elementelor acestei drumuiri, adică:

- se măsoară unghiurile orizontale în fiecare punct de drumuire pichetat şi unghiurile de pantă pe aceste laturi;
- se măsoară stadimetric distanţele înclinate între punctele de drumuire;
- se pichetează punctele intermediare caracteristice ale traseului , care se determină pe latura de drumuire, altimetric şi planimetric prin stadimetrie;
- se face numerotarea punctelor de drumuire şi intermediere ca în fig.3.4

Din staţiile de drumuire se efectuează măsurători pentru ridicarea detaliilor care intersectează amplasarea axului definitiv al traseului, de exemplu: trecerile peste râuri sau văi, marginile de păduri, de lacuri, case sau alte obstacole (stânci, gropi etc.), care trebuie ocolite de axul definitiv al drumului (căi ferate). Se efectuează măsurători în teren (distanţe, unghiuri) şi pentru determinarea poziţiilor punctelor unde s-au făcut studii geologice (sondaje) şi hidrogeologice.

Nivelmentul drumuirii de ridicare se face după cum s-a arătat, stadimetric. Diferenţele de nivel trigonometrice de pe laturile drumuirii se compensează pe cei mai apropiaţi reperi de nivelment de lângă traseu. În felul acesta, la birou se obţin altitudini destul de precise, pentru punctele de drumuire şi pentru punctele intermediare de pe laturile de drumuire.

Punctele intermediare se fixează la schimbări de pantă şi prin ele se execută profile transversale.

3. Se face nivelmentul profilelor transversale cu lata şi bolobocul în terenuri accidentate sau cu nivelul în terenuri cu pante mici şi profile transversale lungi. Nivelmentul profilelor transversale se face de către o echipă separată de ridicare a drumuirii. Profilele transversale se pot întinde pe lăţime de 60...200 m, depinzând de natura şi panta terenului şi de cerinţele proiectării. Nivelmentul fâşiei de studiu în terenuri accidentate se poate face şi stadimetric din staţiile de drumuire D_1, D_2, D_3,....,D_n, alegând punctele de mină pe creste, văi şi în punctele caracteristice ale terenului.

4. La birou, cu datele din teren, se calculează drumuirea ca în cazul unei drumuiri deschise; astfel, se calculează cotele punctelor radiate şi ale punctelor de pe profilele transversale, se raportează axul drumuirii şi radierile, inclusiv profilele transversale, întocmindu-se un plan cu curbe de nivel, de obicei la scara 1:1.000. Se trasează pe acest plan axul cu eventualele variante ale traseului definitiv şi se fixează datele de proiectare şi condiţiile tehnice precise pe care trebuie să le îndeplinească traseul pe teren, în faza preliminară.

3.1.2. LUCRĂRI DEFINITIVE

Studiul definitiv are ca scop alcătuirea proiectului de execuţie al drumului (căi ferate) pentru soluţia aprobată. Pentru alcătuirea proiectului de execuţie, studiul se efectuează pe planurile cu curbe de nivel şi apoi în mod obligatoriu pe teren.

Se trasează pe teren soluţia proiectului, studiată pe planul ridicat prin drumuirea de ridicare în faza preliminară şi anume prin legarea axei de pichetaj V_1, V_2,...,V_n (axa traseului) de ţăruşii din drumuirea de ridicare notaţi cu D (fig. 3.5).

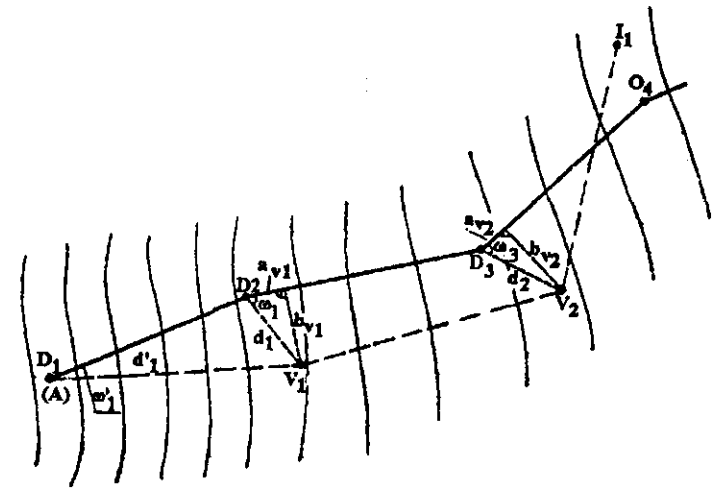


Fig. 3.5.Trasarea pe teren a punctelor de frângere ale traseului proiectat.

Pe teren se lucrează cu planul la scara 1:1.000 pe care se află drumuirea de ridicare şi axa nouă proiectată, care apare la început sub forma unei linii frânte ce uneşte punctele de frângere ale acestei axe formate din V-uri (V_1, V_2,...,V_n).

3.1.2.1. **Trasarea pe teren a axei drumului (căii ferate) proiectat.** Trasarea pe teren a axei drumului sau căii ferate proiectate se face prin trasarea liniei frânte a V-urilor, executarea drumuirii de teodolit între vârfurile de unghiuri şi pichetarea traseului.

- ***Trasarea liniei frânte a V-urilor,*** în raport cu punctele existente pe teren de la ridicare (D_i), se face prin mai multe metode.

Metoda prin coordonate polare grafice ω şi d se aplică când distanţa d este mică. Se măsoară grafic cu raportorul unghiul polar ω şi distanţa polară d pe plan, care se transformă la scară şi se

deduce valoarea ei de pe teren. De exemplu, pentru trasarea vârfului de unghi V_1 se măsoară cu raportorul unghiul ω_1 din punctul D_2 de pe plan şi grafic la scară distanţa d_1 (fig.3.5), care se aplică pe teren astfel: se aşează teodolitul în staţie în punctul D_2 care este găsit pe teren din descrierea topografică, se vizează un jalon aşezat în D_3 şi se trasează unghiul ω_1, apoi pe direcţia obţinută se măsoară distanţa d_1 în valoare orizontală (prin cultelaţie, ţinând panglica de măsurare orizontală sau cu lata şi bolobocul); la capătul distanţei d_1 se va *materializa* punctul V_1.

Metode prin coordonate polare ω şi d se aplică când distanţa d este relativ mare. În acest caz, determinarea unghiului ω_1 nu se mai poate face măsurându-se grafic cu raportorul, deoarece eroarea grafică de măsurare a lui ω_1 ar da erori prea mari la depărtarea d_1. Se măsoară în această situaţie pe plan la scară, proiecţiile vârfurilor V_1 pe latura corespunzătoare a drumuirii (av_1, bv_1, av_2, bv_2 etc. din fig.3.5), cu care se calculează elementele de trasare ω_1 şi d_1; de exemplu $tg\ \omega_1 = bv_1/av_1$, din care se deduce ω_1, care se trasează pe teren cu teodolitul, iar pe direcţia obţinută se trasează distanţa orizontală d_1.

Metoda prin coordonate rectangulare av_1 şi b_1 măsurate grafic pe laturile de drumuire se aplică astfel: pentru trasarea punctului V_2 se măsoară coordonatele grafice pe plan av_2 şi bv_2, care se transformă la scară şi apoi se aplică în valorile lor orizontale pe teren (fig.3.5), materializându-se astfel punctul V_2.

Un control eficace al trasării punctelor V se poate face prin dublă radiere. De exemplu, punctul V_1 se poate trasa şi din punctul D_1 cu unghiul ω_1 şi d_1 sau dintr-un alt punct de drumuire mai apropiat. La fel în cazul punctului V_2, controlul poate fi efectuat prin trasarea cu metoda coordonatelor polare utilizând unghiul ω_2 şi distanţa d_2.

Punctele V se mai pot trasa şi prin alte metode, de exemplu, prin procedeul reperajului faţă de obiectele existente pe planul proiectului şi pe teren, prin procedeul drumuirii, obţinându-se succesiv vârfurile de unghi, etc.

Metoda de trasare prin procedeul reperajului se foloseşte atât în cazul modernizării traseelor noi cât şi în cazul modernizării traseelor de drum şi cale ferată. În acest caz, vârfurile de unghi V_n se trasează prin reperaj faţă de obiectele existente pe planul proiectului şi în teren (fig.3.6). Trasarea vârfurilor de unghi prin reperaj se face utilizând următoarele metode de trasare: coordonatele polare sau rectangulare, intersecţie unghiulară înainte, intersecţie liniară şi intersecţie reperată.

În fig 3.6 se arată o porţiune dintr-un traseu la care vârfurile de unghi s-au trasat prin reperaj folosind: metoda coordonatelor polare (vârful V_{15}), metoda intersecţiilor liniare (vârful V_{16}) şi metoda intersecţiei unghiulare înainte (vârful V_{17}).

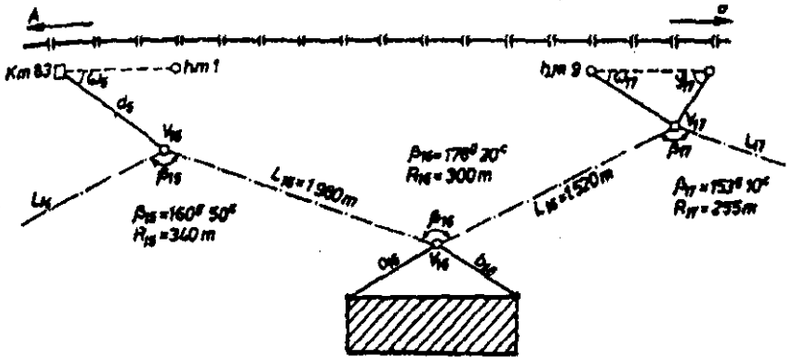


Fig. 3.6. Trasarea vîrfurilor de unghi prin procedeul reperajului.

Metoda de trasare prin procedeul drumuirii (fig.3.7) constă din trasarea pe teren a unghiurilor orizontale (orientări) şi a distanţelor orizontale prin metoda de trasare a drumuirii, obţinându-se succesiv vârfurile de unghi V_{25}, V_{26}, V_{27} etc.

Elementele de trasare se obţin din pregătirea topografică a planului de situaţie cu traseul proiectat (plan general de trasare).

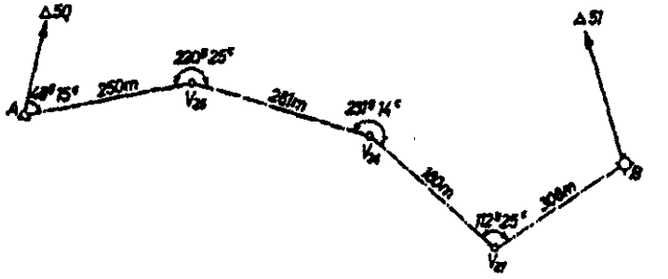


Fig. 3.7. Trasarea vârfurilor de unghi prin procedeul drumuirii.

Pentru controlul trasării pe teren se leagă vârfurile de unghi, V_n, de puncte de sprijin, de exemplu punctele A şi B din fig. 3,7.

Procedeul drumuirii de trasare se foloseşte în cazul proiectării traseelor noi în condiţii topografice complicate.

• ***Drumuirea între vârfurile de unghi V trasate pe teren,*** sprijinită pe puncte de coordonate cunoscute constă în măsurarea unghiurilor orizontale şi verticale şi a distanţelor dintre vârfurile de unghi, inclusiv calculul coordonatelor rectangulare ale vârfurilor V_n.

De multe ori, vârfurile de unghi trasate pe teren alcătuiesc o drumuire deschisă din care cauză nu există nici o posibilitate de control. De aceea, este necesar ca drumuirile să fie legate direct de punctele de triangulaţie, de punctele de intersecţie înapoi, determinate în mod special şi prin procedeul reperajului faţă de obiectele permanente din teren. (fig.3.8).

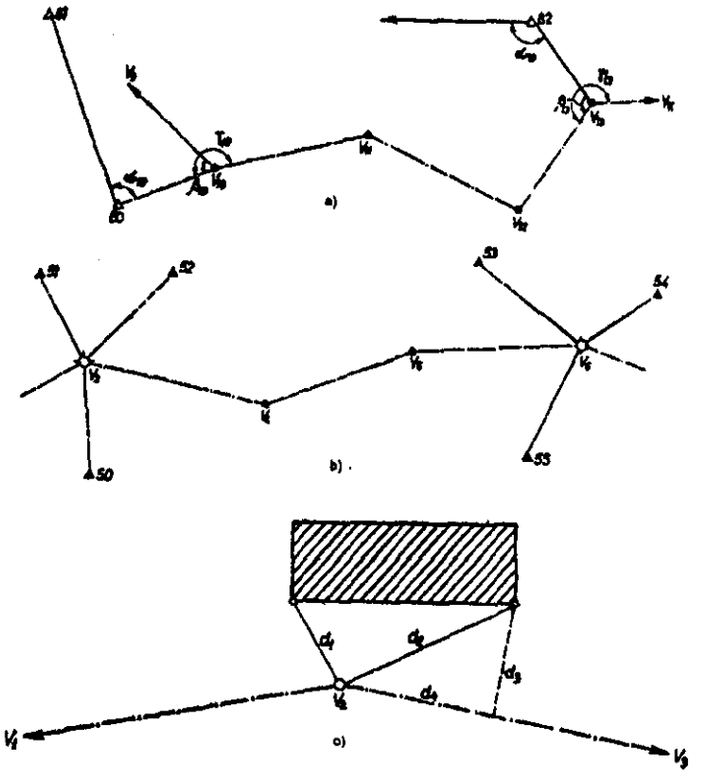


Fig. 3.8. Drumuire prin vârfurile de unghi ale traseului :
a - sprijinită pe puncte de triangulaţie ; b - sprijinită pe puncte de intersecţii ; c - legată de obiecte permanente din teren.

Se efectuează ridicarea topografică din staţiile V (în general pe cale stadimetrică) a detaliilor necesare întocmirii planului de situaţie nou, la scara 1:1 000, pe care trebuie să apară: marginile de

păduri, apele, văile, limitele de proprietate pentru expropriere (care se raportează separat la scara 1:500), punctele de sondaj geotehnic, în care se notează profilul sondajului în adâncime: loess, stâncă, argilă, gresie, humă, şisturi, con de dejecţie etc., de care trebuie să ţină seama la proiectarea definitivă. Tot pe acest plan trebuie să se arate amplasamentul izvoarelor cu datele lor (debit etc.) pentru proiectarea podeţelor şi podurilor. La ridicarea detaliilor se poate folosi şi metoda echerajului, sprijinindu-se pe aliniamentele ce leagă V-urile.

După definitivarea picheţajului V-urilor pe teren, se scot ţăruşii D şi *d* care au servit la ridicare şi picheţare, pentru evitarea confuziilor pe teren.

În fig. 3.9 se arată planul de situaţie al unui traseu de drum, întocmit pentru faza proiect de execuţie. Pe acest plan sunt raportate punctele prin coordonate rectangulare, polare, echerice, conform datelor din carnetul de teren. Reprezentarea pe plan, în funcţie de categoria punctului, se face astfel:

- punctele determinante, prin trei cercuri concentrice, iniţialele F_n şi kilometrajul respectiv;
- punctele principale, prin două cercuri concentrice, iniţialele V_n, TI_n, TE_n, B_n şi kilometrajul respectiv;
- punctele secundare, printr-un cerc şi numărul hectometrului respectiv;
- punctele obişnuite, printr-o liniuţă scurtă care întretaie perpendicular axa drumului şi numărul respectiv al punctului.

De asemenea, pe planul de situaţie se trec elementele principale ale curbelor circulare, orientările aliniamentelor şi distanţele dintre punctele situate pe aliniament, kilometrajul punctelor, precum şi poziţia în plan a reperelor de nivelment.

Curbele de nivel se trasează pe planul de situaţie în funcţie de punctele cotate pe plan în urma calculului nivelmentului tahimetric.

• ***Picheţarea traseului*** constă în materializarea în detaliu, pe teren, a axei drumului sau căii ferate. Picheţarea traseului, din punct de vedere topografic, comportă ca operaţii: marcarea punctelor, măsurarea distanţelor, numerotarea picheţilor şi întocmirea carnetului de picheţaj. Odată cu picheţarea traseului se efectuează şi picheţarea profilelor transversale (aliniamente scurte de 10...100 m lungime, amplasate perpendicular pe axa traseului). Marcarea punctelor înseamnă materializarea prin ţăruşi de lemn sau borne de beton armat a punctelor traseului. Punctele unui traseu se împart după importanţă în: puncte determinante (punctele de început şi sfârşit ale traseului, puncte obligate, de exemplu, intersecţiile cu alte căi de comunicaţii, vârfurile de unghi), puncte

principale (kilometrii şi punctele principale ale curbelor de racordare ale aliniamentelor), puncte secundare (hectometri), puncte obişnuite (punctele schimbărilor de pantă de pe axa căii).

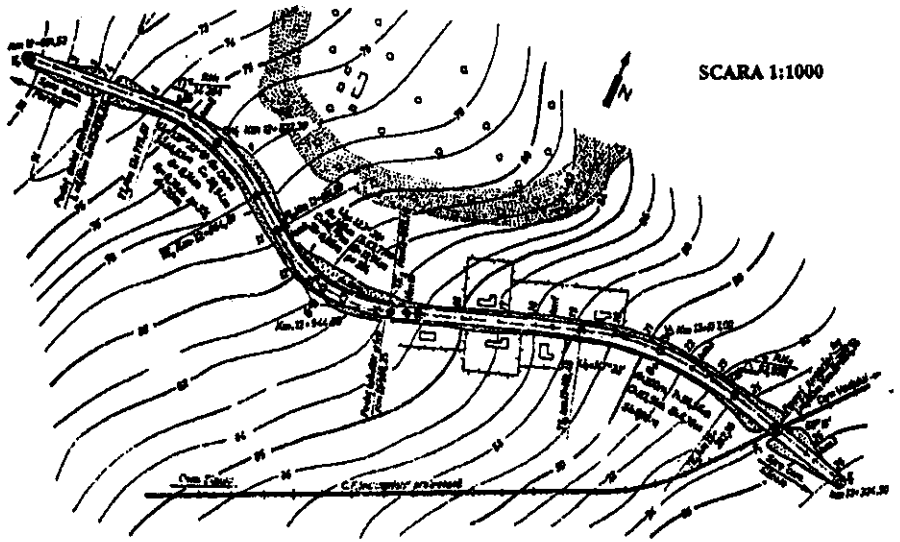


Fig. 3.9. Planul de situaţie al unui traseu de drum, întocmit pentru faza de proiect de execuţie.

Marcarea punctelor principale ale curbelor de racordare în arc de cerc când vârful V este accesibil se face cu ajutorul elementelor principale ale curbei, în următoarea ordine (fig. 3.10):

- măsurarea unghiurilor β dintre aliniamente, cu teodolite cu precizia de 50^{cc} sau 1^{c};
- jalonarea aliniamentelor căii utilizând teodolitul;
- calculul elementelor principale ale curbelor de racordare în arc de cerc. Elementele principale sunt:

  R – raza de racordare;

  φ = (200 - β) – unghiul de frângere;

  $T = R \cdot tg\frac{\varphi}{2}$ - lungimea tangentei;

  $b = VO - OB = \frac{R}{\cos\frac{\varphi}{2}} - R = R \cdot \left(\sec\frac{\varphi}{2} - 1\right)$ - lungimea bisectoarei;

$l_c = \frac{\pi \cdot R \cdot \varphi}{200^g}$ - lungimea curbei;

$D_T = 2T - l_c$ - depăşirea tangentelor.

Fig. 3.10. Trasarea punctelor principale ale curbelor de racordare când vârful V este accesibil.

Trasarea pe teren a elementelor principale se face astfel: din vârful de frângere se aplică cu ajutorul teodolitului şi a panglicii, pe cele două aliniamente, valoarea calculată a tangentei (în valoare orizontală, prin cultelaţie sau cu lata si bolobocul sau în valoare înclinată aflând unghiul de pantă şi transformând distanţa orizontală în distanţă înclinată). Astfel se materializează prin ţăruşi punctele T_i (intrarea în curbă) şi T_e (ieşirea din curbă).

Introducând în aparat jumătatea unghiului β măsurat, se obţine direcţia bisectoarei pe care se măsoară *b* şi astfel se poate materializa punctul B (bisectoarea).

Curbele de racordare ale aliniamentelor căilor de comunicaţii şi ale altor construcţii sunt, în general, arce de cerc cu raze mari, însă în multe cazuri se folosesc la intrare în curba arc de cerc, curbe progresive (arce de parabolă, de clotoidă, lemniscate etc).

În lucrarea de faţă se vor trata numai câteva cazuri de racordare cu arc de cerc, mai frecvent folosite. Racordările cu arce de curbe progresive sunt prezentate în literatura de specialitate. În ceea ce priveşte trasarea pe teren a curbelor progresive, metodele topografice de aplicare sunt metodele generale de trasare. Racordările se efectuează atât în plan cât şi în înălţime.

În afară de cele prezentate la calculul elementelor principale pentru trasarea pe teren a punctelor principale se mai poate lua în considerare şi verificarea trasării punctului B prin coordonate rectangulare pe ambele tangente:

- abscisa pe teren a punctului B: $X_B = R \cdot \sin\frac{\varphi}{2}$;
- ordonata pe tangentă a punctului B: $Y_B = OT_i - OA = R - R \cdot \cos\frac{\varphi}{2} = R\left(1 - \cos\frac{\varphi}{2}\right)$.

Trasarea punctelor principale la racordarea în arc de cerc, când vârful de unghi este inaccesibil, se rezolvă conform figurii 3.11. Se dau aliniamentele tangentelor: A_1A_2 şi B_1B_2.

pichetate pe teren, precum şi raza R a cercului de racordare. Pe prelungirea lui A_1A_2 se picheteaz un punct C iar pe prelungirea lui B_1B_2 un punct D, încât linia CD să aibă vizibilitate în lungul ei şi să poată fi măsurată.

Se măsoară unghiurile ω şi ψ şi se calculează:

$\omega' = 200^g - \omega$; $\psi' = 200^g - \psi$;

$\varphi = \omega' + \psi'$; $\beta = 200^g - (\omega'+\psi')$.

Se determină valoarea orizontală a lui CD = S şi se calculează:

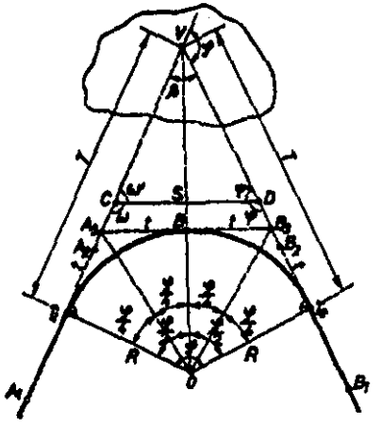


Fig. 3.11. Trasarea punctelor principale ale curbelor de racordare când vârful V este inaccesibil.

$$\frac{S}{\sin\beta} = \frac{\overline{CV}}{\sin\psi'} = \frac{\overline{DV}}{\sin\omega'};$$

$$\overline{CV} = \frac{S\cdot\sin\psi'}{\sin\beta};$$

$$\overline{DV} = \frac{S\cdot\sin\omega'}{\sin\beta}$$

Se calculează lungimea tangentei:

$$T = R\cdot tg\frac{\varphi}{2}$$

şi apoi segmentele:

$$\overline{CT_i} = T - \overline{CV}; \qquad \overline{DT_e} = T - \overline{DV}.$$

Măsurând în valoare orizontală segmentele $\overline{CT_i}$ şi $\overline{DT_e}$ se găsesc punctele de tangentă T_i şi T_e şi se picheteză. Pentru trasarea punctului B, adică a punctului bisector, se poate proceda astfel: se calculează tangenta auxiliară:

$$t = R\cdot tg\frac{\varphi}{4}$$

şi măsurând în valoare orizontală $t = T_iA_3 = T_eB_3$ se găsesc punctele A_3 şi B_3; la mijlocul distanţei A_3B_3 se va găsi punctul mijlociu al curbei adică B. S-au trasat astfel pe teren punctele principale T_i, T_e şi B.

Verificarea trasării se face prin coordonate rectangulare pe ambele tangente.

Dacă distanţa A_1B_1 este mai mare (fig.3.12) şi obstacolele de pe teren împiedică aplicarea soluţiei precedente, atunci se execută printre obstacole o drumuire precisă pe traseul $A_2 - A_1 - 101 - 102 - 103 - B_1 - B_2$, măsurându-se unghiurile orizontale $\omega_1, \omega_2, \omega_3, \omega_4, \omega_5$, şi laturile d_1, d_2, d_3, d_4. Cunoscându-se coordonate punctelor drumuirii. Din fig. 3.12 rezultă:

$\beta = 200^g(n-2) - \sum_{i=1}^{i=5}\omega_i$, iar unghiul la centru: $\varphi = 200^g - \beta$; pentru control se calculează unghiul φ astfel: $\varphi = \theta_{B_1-B_2} - \theta_{A_2-A_1}$.

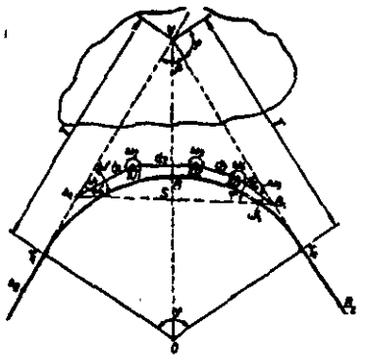


Fig. 3.12. Trasarea punctelor principale ale curbelor de racordare când vîrful V este inaccesibil iar terenul din jurul arcului este cu obstacole.

Din coordonatele punctelor A_1 şi B_1 se deduce distanţa $S = A_1B_1$ şi orientarea $\theta_{A_1-B_1}$ şi dacă este posibil se măsoară pe teren şi unghiurile, după care se calculează:

$$\omega' = \left(\theta_{A_1-B_1} - \theta_{A_2-A_1}\right) = \omega_1 + \omega_1';$$

$$\psi' = \left(\theta_{B_2-B_1} - \theta_{B_1-A_1}\right) = \omega_5 + \omega_2',$$

$$(\omega' + \psi' + \beta) = 200^g \text{ (control)}$$

Problema s-a redus astfel la cazul din figura 3.11.

Pentru trasarea elementelor principale ale curbelor de racordare s-au întocmit tabele, care în funcţie de raza de racordare şi de unghiul o de frângere dau valorile căutate T, b, l_c, etc.

După trasarea punctelor principale ale curbei de racordare, urmează *trasarea în detaliu a curbei*, prin care se picheteză curba cu punctele intermediare, destul de dese, pe arcele T_iB şi BT_e. Din cauza simetriei, calculul se face numai pentru o ramură de curbă (de exemplu T_iB)., deoarece pentru cealaltă ramură BT_e elementele de trasare sunt aceleaşi.

Trasarea în detaliu a curbelor de racordare se face prin mai multe metode .

Metoda coordonatelor rectangulare pe tangente se aplică în două moduri: prin abscise egale şi prin arce egale.

Când trasarea se face utilizând abscise egale pe tangente (fig.3.13) se determină coordonatele rectangulare ale punctelor aflate pe arcul de cerc de rază R. Pentru un punct oarecare acestea sunt:

x – abscise egale alese din 2 în 2, din 5 în 5 sau din 20 în 20 m;

$y = OT_i - OA = R - \sqrt{R^2 - x^2}$.

Coordonatele unei serii de puncte pe curbă sunt :

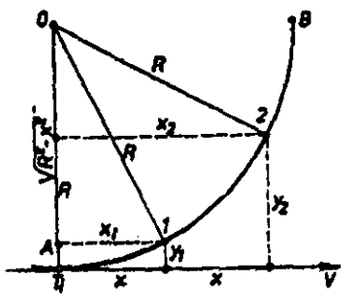
$x_1 = x;$ $\quad x_2 = 2x$

$y_1 = R - \sqrt{R^2 - x^2};$ $\quad y_2 = R - \sqrt{R^2 - (2x)^2};$

$x_3 = 3x;$

$y_3 = R - \sqrt{R^2 - (3x)^2}$ etc.

...ând panglica pe aliniamentul T_1V şi pornind de la punctele tangenţă spre vârf, din 5 în 5 ...plu, se ridică cu ajutorul echerului, ordonate de valoare corespunzătoare, calculate cu ... mai sus.



... Trasarea în detaliu a curbelor de racordare ...toda coordonatelor rectangulare, cu abscise egale pe tangente.

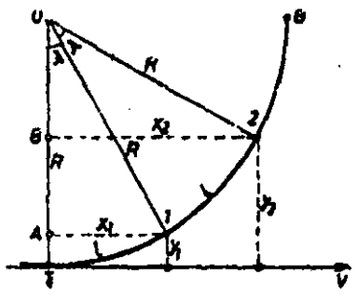


Fig. 3.14. Trasarea în detaliu a curbelor de racordare prin metoda coordonatelor rectangulare cu arce egale.

...este valori se găsesc gata calculate în manualul de trasare a curbelor. Astfel, se pichetează ...n curba de racordare prin ţăruşi de lemn, pornind de la punctele de tangenţă spre bisectoare.

...că se folosesc arce egale de lungime l (distanţe egale între punctele măsurate pe cerc), ... în fig 3.14 rezultă că pentru arce egale l date (de 5, 10 sau 20 m), corespund unghiuri la ... egale.

...coordonatele punctelor 1, 2, 3 etc. se deduc astfel: se calculează mai întâi unghiul la centru: ... (în care ρ este unghiul de un radian = 636 620^{cc} sau 206 265"); raportul $\frac{l}{R}$ se calculează ...zecimale) şi în final se determină coordonatele punctelor :

punctul 1 $\begin{cases} x_1 = R \cdot \sin\lambda; \\ y_1 = R - OA = R - R \cdot \cos\lambda = R(1 - \cos\lambda); \end{cases}$

punctul 2 $\begin{cases} x_2 = R \cdot \sin(2\lambda); \\ y_2 = R - OB = R - R \cdot \cos(2\lambda) = R[1 - \cos(2\lambda)] \end{cases}$ etc.

Măsurând abscisele pe tangente şi ridicând perpendiculare pe care se măsoară ordonatele y, se pichetează în detaliu cu ţăruşi din lemn curba de racordare, pornind de la punctele de tangenţă spre bisectoare.

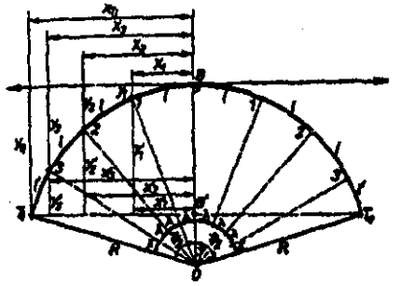


Fig. 3.15. Trasarea în detaliu a curbelor de racordare prin metoda coordonatelor pe coardă.

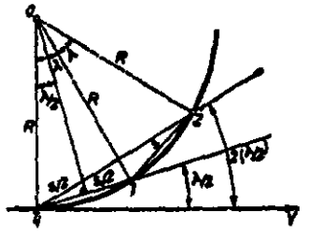


Fig. 3.16. Trasarea în detaliu a curbelor de racordare prin metoda coordonatelor polare.

Metoda prin coordonate pe coardă (fig.3.15) se aplică, de obicei, atunci când tangentele T sunt inaccesibile din cauza obstacolelor de pe teren dar există vizibilitate pentru măsurarea distanţelor pe teren în lungul corzii T_1T_2.

În acest caz, arcul *total* de trasat T_1BT_2 de rază R, cu unghiul la centru φ, se împarte în două părţi egale: $T_1B = BT_2$, fiecare având unghiul la centru $\frac{\varphi}{2}$. Se stabileşte densitatea de pichetare din care rezultă lungimea de arc, l. Se calculează $\lambda = \frac{l}{R}\rho$ şi $\lambda' = \frac{\varphi}{2} - i \cdot \lambda$, unde ($\lambda' < \lambda$). Se calculează coordonatele pe tangentă cu relaţiile:

$x_i = R \cdot \sin(i \cdot \lambda)$; $y_i = R[1 - \cos(i \cdot \lambda)]$.

Din figura 3.15 rezultă coordonatele pe coarda cu originea în B':

$x_i' = R \cdot \sin(i \cdot \lambda) = x_i;$

$y_i' = (y_n - y_i) = y_n - R[1 - \cos(i \cdot \lambda)]$, în care:

$i = 1,2,3...;$ $y_n = R\left(1 - \cos\frac{\varphi}{2}\right)$.

Trasarea arcului BT_1 se face prin coordonatele rectangulare pe coardă, pentru x de la B' spre T_1 aplicând $x_1', x_2', ..., x_i'$ şi cu y_i' perpendicular pe coardă. Trasarea arcului BT_2 se face cu aceleaşi elemente ca şi ale arcului BT_1 din cauza simetriei faţă de linia OB.

Controlul trasării se face aplicând pe coarda T_1B' abscisele $(x_{T1} - x_1)$, $(x_{T1} - x_2)$ etc., în care $x_{T1} = R \cdot \sin\frac{\varphi}{2}$.

Metoda coordonatelor polare se întrebuinţează mai ales când măsurarea pe tangente sau pe coarde este dificilă: ramblee înalte, deblee adânci, obstacole pe teren, (fig.3.16).

La această metodă se impune ca lungimea corzii s, să fie de 2, 5, 10, sau 20 m şi apoi se calculează unghiul la centru :

$$\frac{s}{2} = R \cdot \sin\frac{\lambda}{2} \text{ şi rezultă: } \sin\frac{\lambda}{2} = \frac{s}{2R}, \text{ unde:}$$

$\frac{\lambda}{2}$ - este unghiul la centru format de tangentă şi coarda s

s – coarda aleasă în funcţie de densitatea punctelor de detaliu ale curbei

R – raza curbei de racordare.

Pe teren se procedează astfel: se aşează teodolitul în punctul T_1 (începutul curbei) apoi se vizează vârful V pe direcţia tangentei, cu zero în aparat şi se construieşte unghiul $\frac{\lambda}{2}$ care a fost în prealabil calculat. Cu panglica se măsoară pe această direcţie segmentul s obţinându-se punctul 1 al curbei. Se construieşte cu teodolitul unghiul $2\left(\frac{\lambda}{2}\right)$ măsurându-se de la tangenta T_1V. Se măsoară cu panglica segmentul s începând cu punctul 1, astfel încât extremitatea segmentului s să se găsească pe linia de vizare corespunzătoare direcţiei $2\left(\frac{\lambda}{2}\right)$ şi se obţine punctul 2, etc.

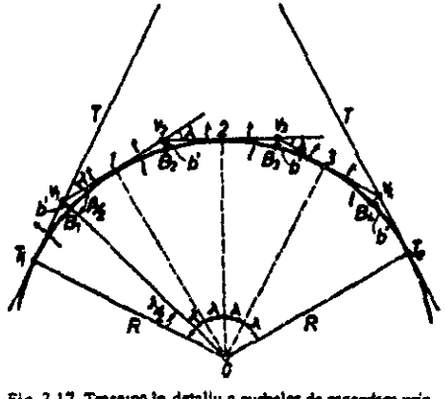


Fig. 3.17. Trasarea în detaliu a curbelor de racordare prin metoda tangentelor succesive.

Pentru cealaltă parte a curbei se procedează analog, pornind din punctul T_2 spre vârf.

Metoda tangentelor succesive (poligonul tangentelor la arc) se utilizează atunci când ordonatele y sunt prea mari la trasarea faţă de tangente, prin metoda coordonatelor rectangulare şi aceasta are loc atunci când unghiurile de frângere φ sunt prea mari (deci unghiul tangentelor β este prea ascuţit).

Această metodă se poate aplica la trasarea în detaliu a arcelor, în terenurile cu acoperiri, printre clădiri, în deblee adânci, în subteran. Prin această metodă, lungimea l, a curbei se împarte la un număr n (fig. 3.17). Dacă împărţirea cu n este exactă, atunci $\frac{l_c}{n} = l$ şi deci, la arce egale l corespund unghiuri la centru egale λ. Dacă lungimea l_c a curbei nu se împarte exact cu n, se vor determina toate elementele de trasare pentru lungimile l' ale arcului, rezultate în urma împărţirii exacte a unei valori aleasă convenabil l'_c a curbei, iar pentru diferenţa de arc $l' = l_c - l'_c$ se vor calcula separat elementele de trasare.

Unghiul la centru se calculează cu relaţia:

$$\lambda^{cc} = \frac{l}{R}\rho^{cc},$$

iar tangentele intermediare t şi bisectoarele b' din vârfurile intermediare V_i, cu formulele:

$$t = R \cdot tg\frac{\lambda}{2};$$

$$b' = R\left(\sec\frac{\lambda}{2} - 1\right).$$

Trasarea pe teren se face astfel:

- se aplică pe direcţia tangentei T lungimea t, găsindu-se astfel vârful de unghi v_1;
- cu teodolitul aşezat în V_1 se aplică faţă de direcţia tangentei T unghiul λ;
- pe această direcţie se măsoară cu panglica mărimea 2t şi la distanţa t se marchează pe teren punctul 1 al curbei;
- cu teodolitul în V_1 se trasează unghiul $\frac{\beta}{2}$ (unde $\beta = 200^g - \lambda$) şi pe această direcţie se măsoară lungimea bisectoarei b', găsindu-se încă un punct B_1 al arcului;
- în acelaşi mod se procedează pentru celelalte puncte. Dacă este necesar să se îndesească punctele pe arc se vor trasa puncte suplimentare prin metoda coordonatelor rectangulare pe tangente intermediare t.

Metoda corzilor prelungite (poligonul corzilor) se foloseşte în aceleaşi condiţii ca şi metodele de trasare în detaliu, unde toate operaţiile de trasare trebuie să se efectueze în apropierea curbei. Metoda prezintă avantajul că nu necesită teodolit , ci numai rulete de oţel.

La această metodă se aleg corzi egale de lungime s, în funcție de densitatea punctelor de detaliu care trebuie asigurată (fig. 3.18). În mod practic lungimile corzilor s sunt: 1, 2, 5 sau 20 m. Se determină unghiul λ de la centrul arcului corespunzător corzii alese, cu relația:

$$\sin\frac{\lambda}{2}=\frac{s}{2R}.$$

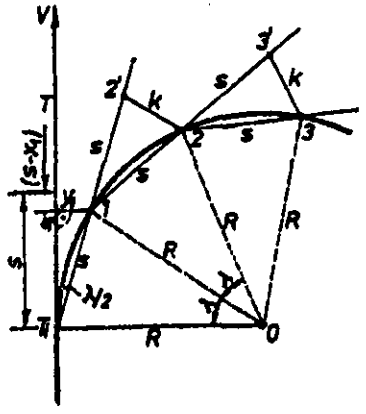


Fig. 3.18. Trasarea în detaliu a curbelor de racordare prin metoda corzilor prelungite.

Se determină mărimea segmentului k din asemănarea triunghiurilor isoscele 1, 2'2 și 1, 0, 2, astfel:

$$\frac{k}{s}=\frac{s}{R};\quad k=\frac{s^2}{R}$$

Trasarea se face astfel:

- Punctul 1 de detaliu, care urmează după punctul de tangență al arcului, se trasează prin metoda coordonatelor rectangulare pe tangentă conform figurii 3.18; pe direcția tangentei se aplică lungimea coardei s și apoi segmentul $s-x_1$, găsindu-se astfel piciorul perpendicularei 1'; din punctul 1' se construiește perpendiculara de lungime y_1. valorile $s-x_1$ și y_1 se calculează cu formulele:

$$s-x_1=\frac{s}{4R};\quad y_1=\frac{k}{2};$$

- Următoarele puncte de detaliu 2, 3 etc., până la punctul bisector B se trasează prin metoda corzilor prelungite și anume se prelungește direcția corzii Ti – 1 cu încă o lungime s și se marchează punctul obținut, de exemplu 2'.

Din punctele 1 și 2' se aplică simultan cu ruletele, lungimile s și k obținându-se la intersecția acestor lungimi punctul 2, care aparține arcului (se aplică metoda intersecției lineare). Pentru restul punctelor (3, 4 etc.) se procedează la fel.

Metoda sferturilor este folosită pentru intercalarea unor puncte de detaliu între alte puncte intermediare fixate anterior, însă aflate la distanțe prea mari. Este o metodă aproximativă de trasare, dar expeditivă, necesitând numai ruletc. Calculul elementelor de trasare se bazează pe considerațiile matematice deduse din figura 3.19. Astfel, din teorema înălțimii înscrise în triunghiul dreptunghic BT_eM se obține:

$$\frac{s^2}{4}=h\cdot(2R-h)=2Rh-h^2$$

Deoarece h este o mărime mică, al doilea termen din partea dreaptă a relației poate fi neglijat și atunci:

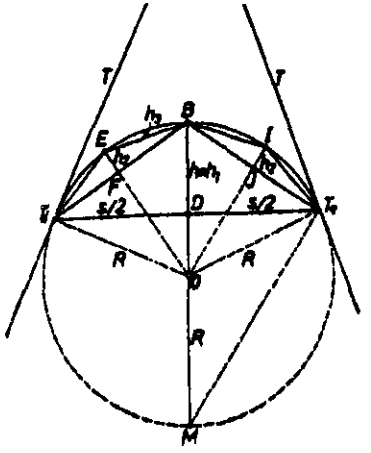


Fig. 3.19. Trasarea în detaliu a curbelor de racordare prin metoda sfertului.

$$h=\frac{s^2}{8R}=h_1$$

Aplicând relația pe jumătatea corzii $T_iB = BT_e$ se obține:

$$EF=IJ=h_2=\frac{(T_iB)^2}{8R}=\frac{(BT_e)^2}{8R}$$

Dar T_iB se obține din triunghiul dreptunghic T_iDB, adică:

$$(T_iB)^2=\frac{s^2}{4}+h^2=2R\cdot h$$

permitesă se calculeze:

$$h_2=\frac{2R\cdot h}{8R}=\frac{h}{4}$$

Conform acestei relații, săgeata arcului corespunzător corzii $T_iB=BT_e$ este egală cu un sfert din săgeata arcului corespunzător corzii T_iT_e. În mod analog, se obține:

$$h_3=\frac{h_2}{4}=\frac{h}{16};$$

$$h_4=\frac{h_3}{4}=\frac{h}{64},\ \text{etc.}$$

Trasarea se efectuează astfel: pe mijlocul corzii T_iT_e se ridică o perpendiculară de lungime h. Se obține astfel punctul B al curbei.

La jumătatea distanțelor T_iB și BT_e se ridică perpendicularele de lungime $h_2=\frac{h}{4}$, obținându-se punctele E și I de pe arc. Apoi, pe mijlocul corzilor obținute $T_iE = EB = BI = IT_e$ se ridică perpendicularele de lungime $h_3=\frac{h_2}{4}=\frac{h_1}{16}$, obținându-se astfel alte puncte ale curbei, etc. Perpendicularele se construiesc cu ajutorul ruletelor.

Această metodă este potrivită pentru arce foarte întinse.

Numerotarea picheților (care se efectuează în scopul identificării lor) constă din însemnarea pe teren cu vopsea roșie a semnificației lor. Odată cu numerotarea picheților se determină și kilometrajul traseului (de la începutul până la sfârșitul traseului), operație denumită *calculul picheților* (kilometrajul); fiecare pichet va fi definit pe traseu și prin poziția sa kilometrică (fig. 3.20).

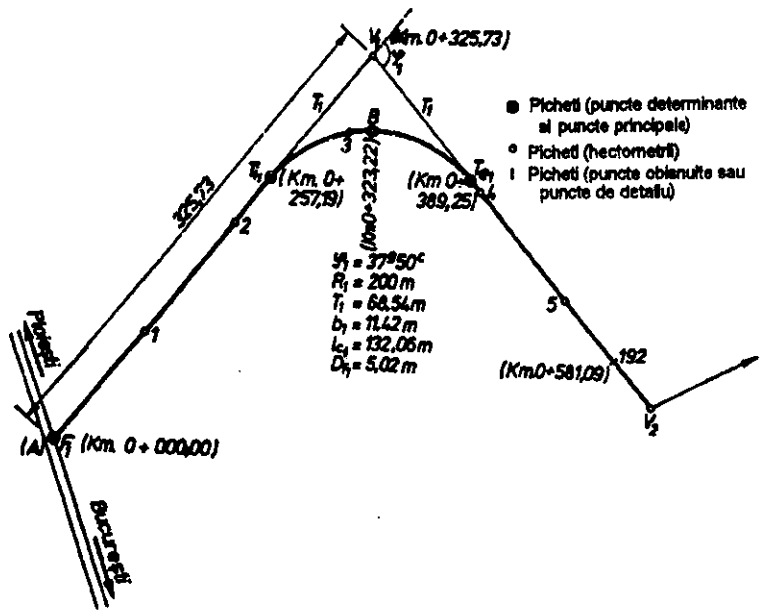


Fig. 3.20. Numerotarea și calculul picheților.

Se calculează pichetajul punctelor principale ale căii (punctul de plecare, tangentele de intrare și ieșire din curbă, punctul de sosire, puncte obligate etc.). Astfel, originea traseului este definită de indicele F_1 și kilometrajul respectiv: km 0+000,00. Distanțele dintre picheți se măsoară de două ori pe orizontală cu panglica de oțel de 50 m (prin metoda cultelației). În cazul terenurilor accidentate, distanțele orizontale dintre vârfurile de unghi V_a și între punctele principale T_{i_1}, T_{e_1} și B_a se măsoară cu tahimetre de precizie. Distanțele dintre picheții aflați între aceste puncte se măsoară prin metoda cultelației cu panglica de oțel de 50 m, însă vor fi controlate (prin însumarea lor) cu distanțele corespunzătoare măsurate prin tahimetrie.

Calculul kilometrajului picheților, care reprezintă vârfurile de unghi V_a se calculează, de exemplu, cu relația:

$$V_1 = F_1 + F_1V_1 = (km0 + 000{,}00) + 325{,}73m = km0 + 325{,}73m$$

Calculul kilometrajului picheților, care reprezintă punctele principale ale curbei de racordare, se efectuează astfel: de exemplu, tangenta de intrare a vârfului V_1 este definită T_{i_1} și se scrie pe țărușul martor sau pe obiecte fixe din apropiere, iar poziția kilometrică este km 0 + 257,19, adică:

$$T_{i_1} = V_1 - T_1 = 325{,}73m - 68{,}54m = km0 + 257{,}19;$$

punctul bisector: $B_1 = T_{i_1} + \frac{l_{c_1}}{2} = 257{,}19 + \frac{66{,}03}{km0 + 323{,}22}$

tangenta de ieșire: $T_{e_1} = T_{i_1} + l_{c_1} = 257{,}19 + \frac{132{,}06}{km0 + 389{,}25}$

Punctele secundare (din 100 în 100 m) se numerotează pe țăruși martori cu cifre de la 1 până la 9 în kilometrul respectiv, iar poziția kilometrică în mod analog ca la punctele principale, adică prin însumarea lungimilor porțiunilor drepte și curbe ale traseului. De exemplu, hectometrul 3 din kilometrul 0 va fi definit prin poziția kilometrică: km0+300,000.

Pichetajul în aliniament se execută prin măsurarea directă a distanțelor cu o panglică de 50 m, fixând țăruși la fiecare 100m. În acest scop se face jalonarea aliniamentului cu teodolitul.

Pichetarea hectometrilor în curbă se face prin metoda coordonatelor rectangulare pe tangentă cu arce egale, calculându-se abscisele și ordonatele corespunzătoare hectometrului.

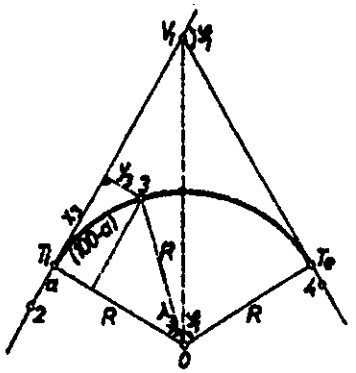


Fig. 3.21. Pichetarea hectometrilor în curbă.

Pentru pichetul hectometrului 3 se vor calcula abscisa x_3 și ordonata y_3, adică elementele de trasare (fig. 3.21). Se determină lungimea arcului de cerc corespunzător pichetului care este: (100 - a).

Se determină unghiul la centru corespunzător arcului:

$$\lambda_3 = \frac{(100 - a)}{R} \cdot \rho^{cc}$$

Se calculează în final elementele de trasare:

$$x_3 = R \cdot \sin \lambda_3;$$

$$y_3 = R - R\cdot\cos\lambda_3 = R(1-\cos\lambda_3).$$

Punctele obişnuite sau punctele de detaliu, care sunt puncte caracteristice ale terenului, se numerotează pe ţăruşii martori prin numere de ordine, în sensul kilometrajul de la origine (de exemplu 192, 193 etc.), iar poziţia kilometrică în mod asemănător ca pichetarea obişnuită. De exemplu: prima casă pe noul traseu se găseşte în dreptul punctului obişnuit 192, iar ca poziţie kilometrică la 81,09 m după hectometrul 5 aflat în kilometrul 0, adică km. 0+581,09 (fig. 3.20).

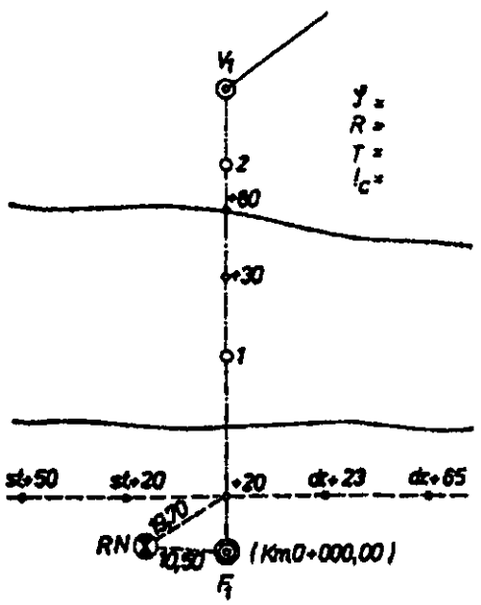


Fig. 3.22. Carnet de pichetaj.

Asemănător se procedează şi cu punctele *plus* care reprezintă locul profilelor transversale. Calculul kilometrajului se face pe teren, iar rezultatele obţinute se trec în carnetul de pichetaj.

Întreaga operaţie de pichetare se înscrie pe teren în *carnetul de pichetaj*, a cărui întocmire se poate urmări, pentru traseele de drum, în figura 3.22.

Carnetul de pichetaj se întocmeşte pe hârtie milimetrică, la o scară oarecare şi în el se trec: axul traseului printr-o linie dreaptă, poz ţia picheţilor şi a punctelor plus, punctele de pe profilele transversale, poziţia punctelor de reper, etc.

3.1.2.2. **Nivelmentul traseului.** Cuprinde două categorii de lucrări: nivelmentul longitudinal şi nivelmentul transversal. Nivelmentul longitudinal se execută prin metoda drumuirii duble de nivelment geometric în lungul axei traseului pichetat, pentru a determina cotele tuturor picheţilor din ax. Drumuirea se verifică atent cu toleranţele arătate, pe punctele de reper RN, care există pe teren. Nivelmentul transversal se execută prin metoda radierii de nivelment geometric în lungul profilelor transversale, fixate pe teren perpendicular pe axa traseului la intervale de cel mult 50m între ele.

Lucrările de teren sunt prezentate schematic în figura 3.23.

Cotele punctelor profilului longitudinal se determină cu ajutorul cotelor cunoscute ale reperelor de nivelment RN şi a diferenţelor de nivel măsurate pe teren. Cotele punctelor profilelor transversale se determină cu ajutorul cotelor cunoscute ale picheţilor de pe axul traseului. Executarea lucrărilor de teren şi calculul cotelor sunt cunoscute din topografia generală.

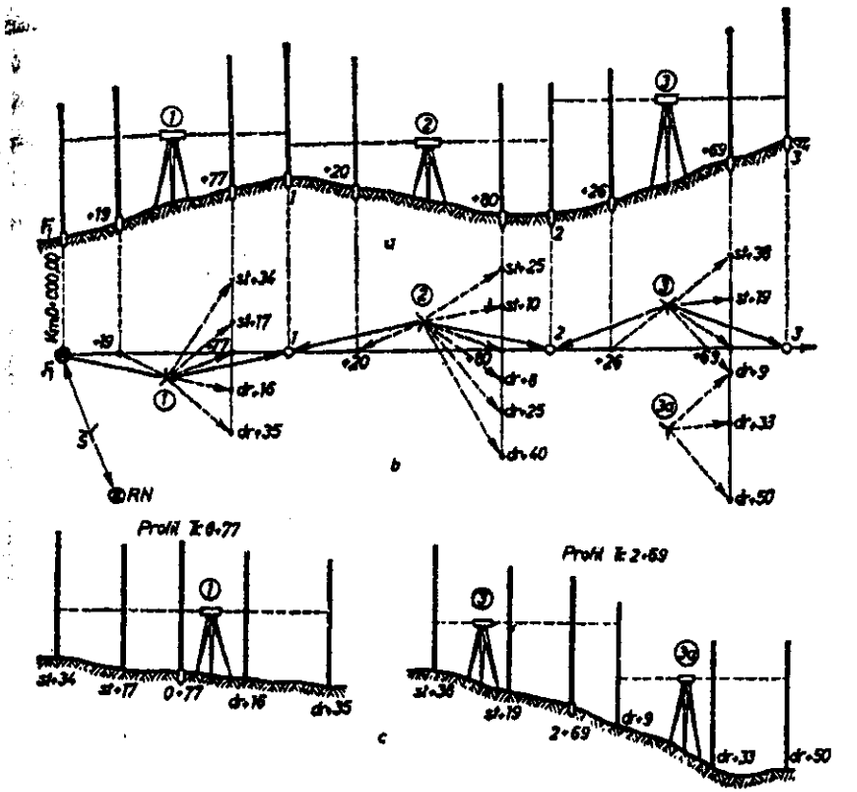


Fig. 3.23. Nivelmentul geometric al traseului pichetat:
a - profilul terenului în lungul axului traseului, b - poziţia în plan a punctelor observate prin nivelment şi a staţiilor instrumentului, c - profile transversale ale terenului prin picheţii 0 + 77 şi 2 + 69.

- **Profilul longitudinal.** Profilul longitudinal se execută pe hârtie milimetrică, după datele de nivelment şi ale carnetului de pichetaj, reprezentând secţiunea longitudinală a suprafeţei terenului în lungul axei traseului.

Scara înălțimilor se la obișnuit de zece ori mai mare decât scara lungimilor. Pentru drumuri, profilul în lung se desenează în cazul studiilor definitive la scara 1:1000 și 1:100 (în regiunile de ţeş se admite 1:2000 și 1:200).

Intersecția suprafeței născută de generatoarele verticale ce trec prin axa căii de comunicație (drumuri, căi ferate) cu suprafața terenului natural și cu platforma căii de comunicație, proiectată desfășurat pe un plan vertical, formează profilul în lung al căii de comunicație (fig. 3.24).

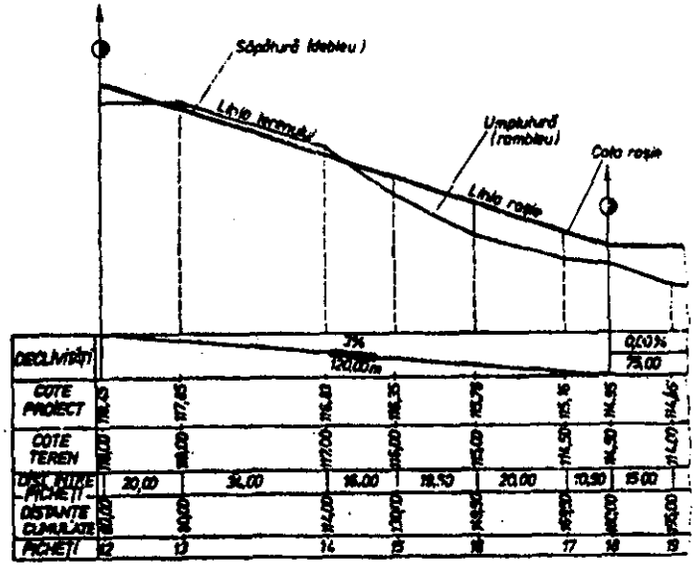


Fig. 3.24. Profilul longitudinal al căii de comunicație

Proiecția acesteia intersecției cu suprafața terenului natural formează linia terenului sau linia neagră (se desenează în proiect cu culoare neagră), iar cu platforma căii de comunicație formează linia proiectului sau linia roșie (se desenează în proiect cu culoare roșie). Fiecare punct de pe linia terenului, sau de pe linia roșie, se definește printr-o cotă. Cotele punctelor de pe linia proiectului se numesc cotele proiectului; cotele punctelor de pe linia terenului se numesc cotele terenului. Diferența dintre cota proiectului și cota terenului unui punct se numește cotă roșie sau cotă de execuție. Când linia roșie este deasupra terenului, cotele de execuție se consideră pozitive, iar calea de comunicație se găsește în umplutură sau rambleu. Dacă linia roșie se găsește sub linia terenului, cotele de execuție se consideră negative, iar calea de comunicație se găsește în săpătură sau debleu.

Linia roșie se compune din porțiuni orizontale și înclinate. Porțiunile orizontale ale liniei roșii se numesc paliere iar cele înclinate se numesc declivități. În proiect, declivitatea se numește rampă sau pantă, după cum calea urcă sau coboară în sensul kilometrajului.

În mod uzual, declivitatea se exprimă prin creșterea înălțimii pe unitatea de lungime (la drumuri unitatea de lungime L = 100m; la căi ferate L = 1000 m), De exemplu, o declivitate de 0,015 se exprimă prin 1,5% la drumuri sau 15‰ la căi ferate. Exprimarea declivității în miimi se explică prin faptul că la căi ferate declivitățile sunt mai mici decât la drumuri. Vârfurile liniei poligonale care formează linia roșie se numesc puncte de schimbare de declivitate (fig. 3.24, picheții 12 și 18). Distanța dintre două puncte consecutive de schimbare de declivitate se numește pas de proiectare.

- **Racordarea declivităților** se face la traversarea vârfurilor , crestelor și văilor.

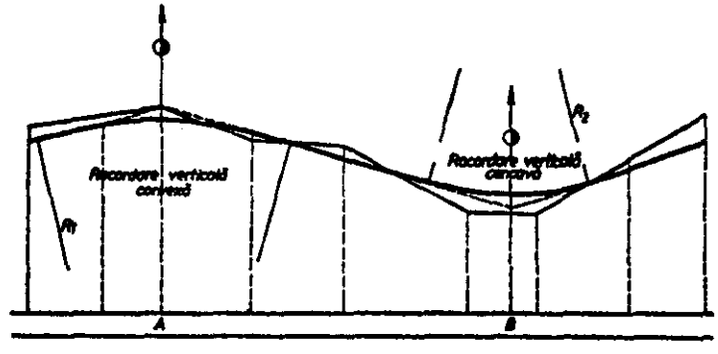


Fig. 3.25. Racordarea declivităților.

La traversarea vârfurilor sau crestelor se introduc curbe de racordare convexe (fig. 3.25). Mărimea razelor curbelor de racordare convexă rezultă din condiții de vizibilitate. La trecerea văilor se introduc curbe de racordare concave (fig. 3.25). La asemenea racordări, razele curbelor nu se mai determină din condiții de asigurare a vizibilității, deoarece nu se mai pun asemenea probleme, ci din condiții de înlesnire a circulației.

Racordarea se face cu raze mari, până la 10 000 m, pentru racordarea cu curbe convexe (raza R_1) și până la 2 000m pentru racordări cu curbe concave (raza R_2). Unghiul la centru δ al racordării este egal cu suma algebrică a unghiurilor de pantă, cu convenția că unghiurile de rampă se consideră pozitive și unghiurile de pantă negative. În acest fel, de exemplu, din figura 3.26, a, rezultă:

$$\delta_1 = \alpha_1 - (-\beta_1) = \alpha_1 + \beta_1;$$

$$\delta_2 = \alpha_2 - (-\beta_2) = \alpha_2 + \beta_2.$$

Racordarea se face în mod obişnuit prin coordonatele pe tangentă x_i şi y_i din figura 3.26, b.

În triunghiul OAV se poate scrie:

$$(OV)^2 = T^2 + R^2 \quad \text{sau}$$

$$(R+b)^2 = T^2 + R^2;\ \left(R^2 + 2Rb + b^2\right) = T^2 + R^2.$$

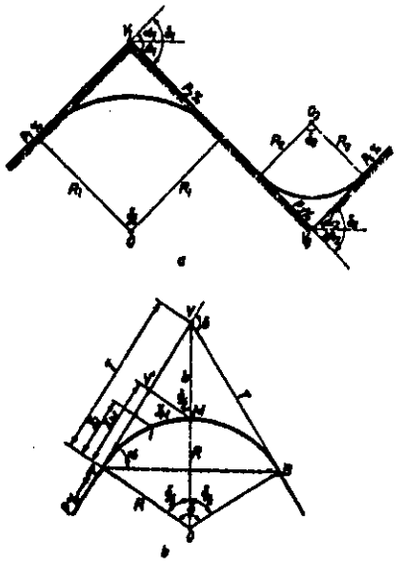


Fig. 3.26. Racordarea declivităţilor:
a - calculul unghiului la centru; b - racordarea prin coordonate pe tangentă.

Raza R fiind foarte mare se poate neglija termenul b^2 ca foarte mic; se obţine:

$$b = \frac{T^2}{2R}$$

Pe de altă parte, se poate lua: $b \approx y_M$ şi $T \approx x_M$.

Pentru exemplificare: dacă se ia (fig 3.26) $p_1\%=2\%$, $p_2\%=1\%$, deci $(p_1\%+p_2\%)=3\%$, rezultă unghiul:

$$\frac{\delta}{2} = 0^g 96^c;$$

- lungimea tangentei

$$T = R \cdot tg\left(\frac{\delta}{2}\right) = 30{,}15m;$$

- lungimea bisectoarei $b = \frac{T^2}{2R} =$ 0,227m(dacă se consideră R=2000m) este b=0,227m.

Din triunghiul MVV' se deduce:

$$y_M = b \cdot \cos\left(\frac{\delta}{2}\right) = 0{,}227 = b;$$

$$(T - x_M) = VV' = b \cdot \sin\left(\frac{\delta}{2}\right) = 0{,}003 \approx 0, \text{ deci } x_M \approx T.$$

În aceste condiţii, $y_M = \frac{x_M^2}{2R}$ şi pentru un punct curent pe curbă *i*, rezultă: $y_i = \frac{x_i^2}{2R}$.

Dând valori diferite lui x_i se deduc valori y_i cu care se trasează curba de racordare prin coordonate pe tangenta T. Trebuie menţionat că datorită faptului că unghiurile de pantă şi rampă sunt mici. De aceea, abscisele x_i se pot lua în valori orizontale iar ordonatele y_i pot fi măsurate pe verticală. Trasarea se va face, de exemplu, de la A la M măsurând x_i în valoare orizontală, iar în punctul găsit se va trasa prin nivelment un punct *i* de cotă:

$$H_A + x_i \cdot tg\alpha - y_i = H_A + p \cdot x_i - y_i,$$

în care:

H_A este cota punctului A, din profilul longitudinal proiectat;

p – panta liniei de proiectat.

Procedând la fel de la B la M trebuie să se găsească pentru punctul M aceiaşi poziţie, aceasta fiind şi un control al trasării.

- **Profilele transversale** se întocmesc după datele din carnetul de teren de nivelment al profilelor transversale şi ale carnetului de pichetaj. Scopul întocmirii acestora este de a da detalii de execuţie în secţiune transversală pentru fiecare pichet şi de a ajuta la calculul volumelor de terasamente. Scara profilelor transversale este aceeaşi pentru lungimi şi înălţimi, de obicei 1:100 şi mai rar 1:200.

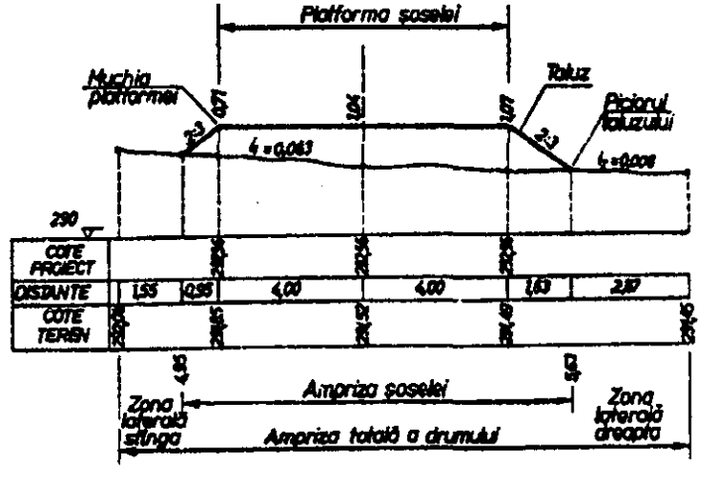


Fig. 3.27. Profil transversal în umplutură.

Planşa profilelor transversale cuprinde în partea superioară profilul propriu-zis, iar în partea inferioară reţeaua profilului. Pe acest profil apare raportarea la scară a platformei drumului sau a căii ferate, în funcţie de cota roşie a fiecărui pichet (luate din planşa profilului longitudinal) ţinând seama de profilul transversal tip al căii. După poziţia platformei faţă de terenul natural, profilul transversal se poate prezenta într-unul din următoarele trei tipuri caracteristice:

- profil transversal în umplutură sau rambleu (fig. 3.27); în acest caz platforma se găseşte deasupra terenului natural (cu cel puţin 0,50 m pentru ca să nu mai fie necesară executarea şanţurilor) şi pentru execuţie trebuie să se aducă pământ din altă parte;

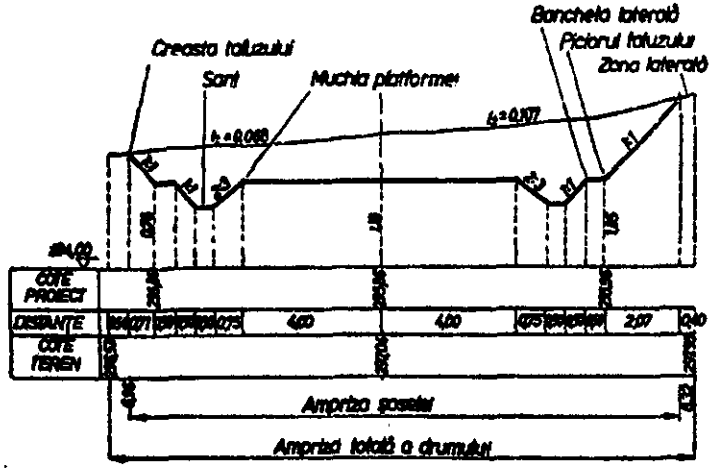


Fig. 3.28. Profil transversal în săpătură (debleu).

- profil transversal în săpătură sau debleu (fig. 3. 28); în acest caz platforma se găseşte sub linia terenului şi pentru execuţie este necesar să se sape pământul şi apoi să fie transportat. Caracteristica drumurilor (căilor ferate) în debleu o constituie existenţa şanţurilor care colectează şi evacuează apele de suprafaţă;
- Profil transversal mixt (fig. 3.29); în acest caz drumul (calea ferată) este o parte în umplutură o parte în săpătură.

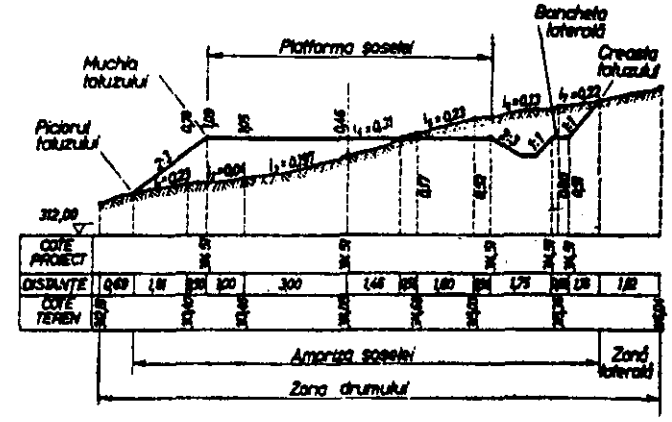


Fig. 3.29. Profil transversal mixt.

3.2. LUCRĂRI TOPOGRAFICE LA EXECUŢIE *

3.2.1. GENERALITĂŢI

Pentru execuţia proiectelor de căi de comunicaţie proiectantul prezintă următoarea documentaţie:

- proiectul definitiv de execuţie al căii de comunicaţie cu toate piesele anexe, incluzând următoarele piese principale necesare lucrărilor topografice care vor urma: profilul în lung definitiv cu liniile terenului şi ale proiectului la scara 1:1000 şi 1:100, profilele transversale la scara 1:100 şi planurile cu detalii de execuţie pentru anumite lucrări;
- repere de nivelment RN cu descrierile topografice şi cotele lor;
- vârfurile de unghi V;
- tangentele de intrare Ti şi Te, bisectoarele B şi punctele de detaliu pe curbe;
- punctele intermediare caracteristice.

Pentru pregătirea topografică a proiectelor căilor de comunicaţie, în vederea execuţiei acestora, se culeg date din proiecte şi se completează cu datele topografice necesare trasării, specificându-se şi precizia necesară trasării pentru fiecare categorie de puncte. Definitivarea acestei documentaţii, completarea ei şi organizarea trasării pe teren se face de comun acord între proiectantul şi executantul lucrării.

3.2.2 TRASAREA PROFILULUI LONGITUDINAL

Această trasare se realizează după profilul în lung din proiectul de execuţie, în care pentru fiecare punct principal se specifică: cota terenului şi cota proiectului, (pe profil fiind scrisă diferenţa în ax de săpătură h_s sau de umplutură h_u, care trebuie realizată prin terasamente), ca să se obţină linia proiectului (fig. 3.30). Trasarea pe teren se face în trei faze principale:

- trasarea punctelor de schimbare de declivitate, din punctele de reper cele mai apropiate;
- trasarea punctelor de îndesire pe pantele ce unesc punctele de schimbare de declivitate (la ambele faze se utilizează procedeul de trasare a unui punct de cotă dată şi procedeul de trasare a liniilor de pantă dată);
- trasarea racordărilor declivităţilor (această fază se efectuează spre sfârşitul executării terasamentului).

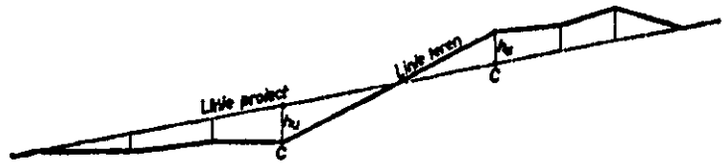


Fig. 3.30. Trasarea pe teren a profilului longitudinal proiectat.

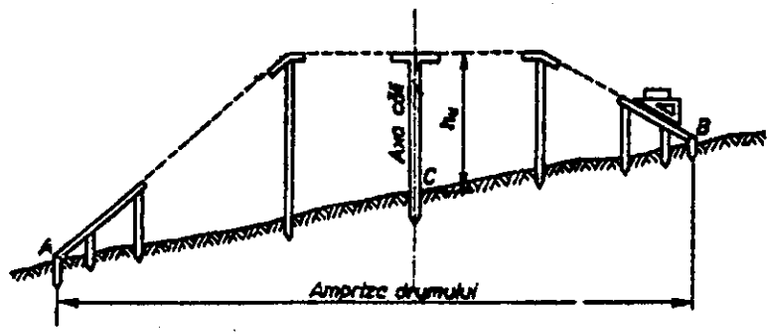


Fig. 3.31. Marcarea pe teren a rambleului.

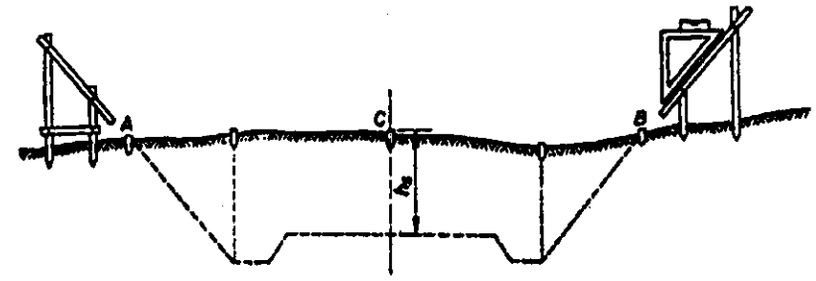


Fig. 3.32. Marcarea pe teren a debleului.

În axa drumului, lângă ţăruşii de axă, se bat în pământ şipci care să lase deasupra terenului cu lungimea h_u în umplutură (fig. 3.31) şi unde este săpătură, se bat şipci scurte pe care se scrie adâncimea de săpătură h_s (fig.3.32).

Trasarea profilului longitudinal se face deci în strânsă legătură cu felul şi cu trasarea profilelor transversale din zona respectivă a traseului.

3.2.3. TRASAREA PROFILELOR TRANSVERSALE TIP

Această operaţie mai poartă numele şi de şablonarea profilelor transversale şi se face cu ajutorul unor şipci, aşa cum se arată în figurile 3.31 şi 3.32; se utilizează şabloane de şipci, care dau pantele cerute de dimensiunile din profilele tip transversale şi boloboace (nivele de zidar), fire cu plumb, etc. În general, profilul transversal trebuie să aibă dimensiunile necesare trasării, calculate şi înscrise pe profil sau să fie la scară destul de mare pentru ca dimensiunile de trasat să poată fi măsurate grafic pe profil şi aplicate pe teren.

Profilele transversale mai pot fi trasate pe teren şi aşa cum se arată în continuare, determinând dimensiunile de trasat.

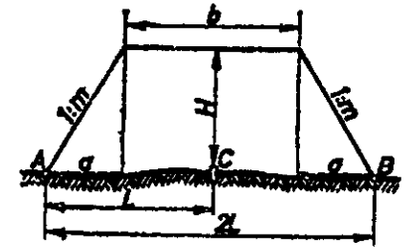


Fig. 3.33. Determinarea lăţimii rambleului la bază, în teren natural orizontal.

Se consideră că pe teren sunt marcate punctele de pe axă în fiecare profil transversal, conform profilului longitudinal şi al profilelor transversale . Elementele de trasare se referă la determinarea punctelor de intersecţie a taluzelor rambleelor şi debleelor cu suprafaţa terenului natural (lăţimea rambleelor la bază şi a debleelor sus). Se întâlnesc în general următoarele două situaţii:

1. Terenul natural este aproximativ orizontal, caz în care lăţimea rambleului la bază (fig. 3.33) se determină cu relaţia:

$$2L = b + 2a,$$

în care valoarea a este dată de expresia:

$$\frac{1}{m} = \frac{H}{a}, \quad a = m \cdot H .$$

Înlocuind în relaţia anterioară se obţine:

$$2L = b + 2m \cdot H; \quad L = \frac{b}{2} + m \cdot H$$

Lăţimea debleului sus (fig. 3.34) se determină cu relaţia :

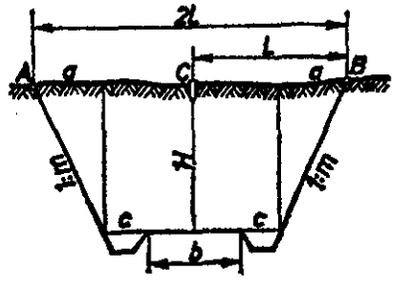


Fig. 3.34. Determinarea lăţimii debleului sus, în teren natural orizontal.

$$2L = b + 2a + 2c = b + 2m \cdot H + 2c,$$

de unde:

$$L = \frac{b}{2} + m \cdot H + c,$$

în care:

b- lăţimea platformei;

$m = \frac{a}{H}$ - indicele taluzului;

H- înălţimea rambleului sau adâncimea debleului (cota de terasament);

c- lăţimea şanţului de scurgere a apei.

Trasarea pe teren a poziţiei picioarelor taluzurilor constă în aplicarea distanţei L în valoare orizontală.

2) Terenul natural este înclinat, când calea de comunicaţie este în rambleu (fig. 3.35), se determină distanţele L_1 şi L_2 din axa C la picioarele taluzelor A şi B. S-a acceptat că panta transversală a terenului este aceeaşi de la B la A şi egală cu 1:n, panta taluzului proiectat 1:m iar cota de terasament în axă este H.

Pentru determinarea distanţei orizontale L_1 se scrie relaţia geometrică:

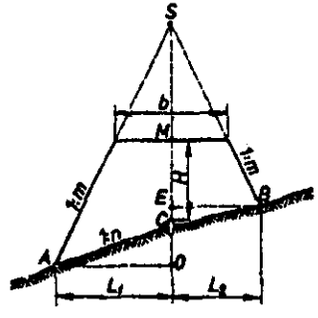


Fig. 3.35. Determinarea lăţimii rambleului la bază, în teren natural înclinat.

$$\overline{SC} = \overline{SM} + \overline{MC} = \overline{SO} - \overline{OC},$$

în care:

$\frac{1}{m} = \frac{\overline{SM}}{\frac{b}{2}}$, de unde: $\overline{SM} = \frac{b}{2m}$; $\overline{MC} = H$ (cota de terasament);

$\frac{1}{m} = \frac{\overline{SO}}{L_1}$; de unde $\overline{SO} = \frac{L_1}{m}$;

$\frac{1}{n} = \frac{\overline{OC}}{L_1}$; de unde $\overline{OC} = \frac{L_1}{n}$;

Deci:

$$\frac{b}{2m} + H = L_1\left(\frac{1}{m} - \frac{1}{n}\right)$$

Dezvoltând această relaţie se ajunge la formula:

$$L_1 = \frac{1}{1 - \frac{m}{n}}\left(\frac{b}{2} + m \cdot H\right)$$

Pentru determinarea distanţei orizontale L_2 se scrie relaţia geometrică :

$$\overline{SC} = \overline{SM} + \overline{MC} = \overline{SE} - \overline{EC},$$

adică:

$$\frac{b}{2m} + H = L_2\left(\frac{1}{m} + \frac{1}{n}\right) .$$

Efectuând calculele în mod asemănător se deduce formula:

$$L_2 = \frac{1}{1 + \frac{m}{n}}\left(\frac{b}{2} + m \cdot H\right).$$

În cazul debleului (fig. 3.36), trebuie determinate, de asemenea, distanţele orizontale L_1 şi L_2 pentru a marca punctelor A şi B care delimitează ampriza debleului.

Pentru determinarea distanţei L_1 se scrie relaţia geometrică:

$SC = SM + MC = SE - EC$, adică: $\left(\frac{b}{2} + c\right)\frac{1}{m} + H = L_1\left(\frac{1}{m} + \frac{1}{n}\right)$

Efectuând calculele se obţine:

$$L_1 = \frac{1}{1+\frac{m}{n}}\left(\frac{b}{2}+c+m\cdot H\right)$$

Pentru determinarea distanţei L_2 se scrie relaţia geometrică:

$\overline{SC} = \overline{SM} + \overline{MC} = \overline{SO} - \overline{OC}$, adică:

$$\left(\frac{b}{2}+c\right)\frac{1}{m} + H = L_2\left(\frac{1}{m}-\frac{1}{n}\right)$$

Din aceasta rezultă:

$$L_2 = \frac{1}{1-\frac{m}{n}}\left(\frac{b}{2}+c+m\cdot H\right)$$

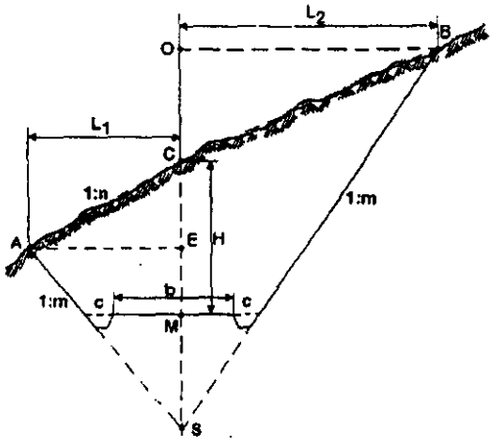


Fig. 3.36. Determinarea lăţimii debleului sus, în teren natural înclinat.

3.2.4. MARCAREA ŞI REPERAJUL PUNCTELOR TRASATE LA TERASAMENTE

Înainte de începerea terasamentelor este absolut necesar să se fixeze pe teren martori, adică ţăruşi sau borne, în afara zonei de lucrări (în afara amprizei) şi în afara zonei circulate, din care să se poată reconstitui planimetric şi nivelitic ţăruşii din axă, care în mod inevitabil se distrug sau se acoperă prin executarea terasamentelor. Se obişnuieşte să se pună cel puţin câte doi ţăruşi martori de reconstituire, câte unul de fiecare parte a amprizei(fig.3.37), formând o linie perpendiculară pe axă sau pe direcţia bisectoarei.

Se determină cu atenţie distanţele de la martori la puncte, în valorile lor orizontale d_1, d_2 etc. Se face nivelmentul şi se determină altitudinile punctelor martori, pentru ca la reconstituirea punctului de pe axă să se poată reconstitui planimetric prin distanţe (de exemplu: punctul 14c prin distanţele d_1 şi d_2, punctul T_{i_1}, prin distanţele d_3 şi d_4, măsurate în valori orizontale) iar reconstituirea altimetrică se face prin nivelment (a se vedea trasarea unui punct de cotă dată). Ţăruşii martori de pe margine trebuie numerotaţi astfel ca să se ştie care este ţăruşul la reconstituirea căruia va servi şi de ce parte a drumului sau căii ferate în sensul kilometrajului se află ţăruşul martor(vezi fig. 3.37). Scrierea ţăruşilor martori se face astfel încât să fie văzută din axa căii (cu faţa la axa căii). Vârfurile de unghi se asigură şi prin trei martori (1,2,3) aşezaţi în prelungirea aliniamentelor şi bisectoarei, la aceeaşi distanţă d. Înainte de începerea terasamentelor se bat ţăruşii de ampriză T_a.

În timpul executării terasamentelor, în diferite puncte ale căii, dar în special pe axa sa, se pun indicaţii scrise pe ţăruşi, din care să reiasă adâncimea de săpătură sau de umplutură. Trasarea şanţurilor de scurgere a apelor şi a zidurilor de sprijin se efectuează cu ajutorul unor şabloane de scândură.

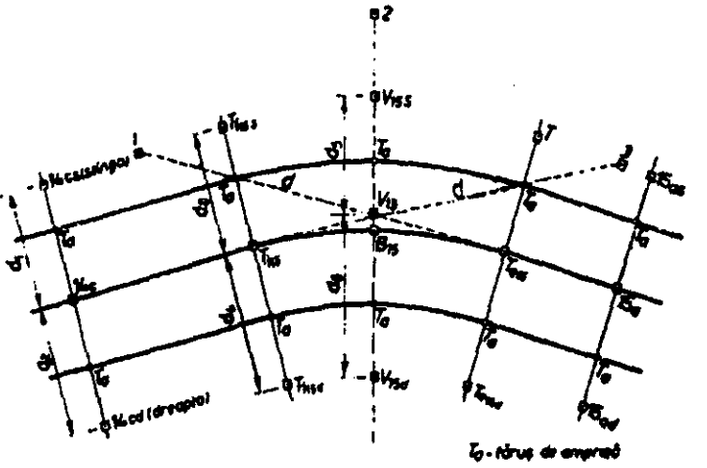


Fig. 3.37. Reperajul punctelor trasate.

CAPITOLUL 4

LUCRĂRI TOPOGRAFICE PENTRU CONSTRUCŢII HIDROTEHNICE

4.1. LUCRĂRI TOPOGRAFICE PENTRU PROIECTARE

Principalele lucrări topografice pentru proiectarea construcţiilor hidrotehnice: centrala hidrotehnică, barajul, diguri, lacul de acumulare, canale, conducte şi galerii de aducţiune şi de evacuare, ecluza, cheiuri, bazine portuare etc.) sunt următoarele:

- ridicările topo-fotogrammetrice pentru întocmirea planurilor topografice la scări mari şi pe suprafeţe de întinderi diferite, de exemplu la scările 1:10 000 şi 1:5 000 cu echidistanţa curbelor de nivel E= 5...2m(pentru studiile preliminare) şi la scările 1:2 000...1:500 cu echidistanţa E = 1...0,5 m(pentru studiile definitive);
- asigurarea topografică a studiilor hidrologice(pentru întocmirea profilului longitudinal al râului şi a profilelor transversale prin albia râului etc.) şi a prospecţiunilor geotehnice, geofizice şi hidrogeologice ;
- trasarea pe teren a axelor drumurilor şi căilor ferate de acces, inclusiv a liniilor electrice de înaltă tensiune;
- trasarea pe teren a conturului proiectat al lacului de acumulare.

4.1.1. Ridicarea topografică a văii unui râu

Ridicarea văii râului cuprinde ridicarea malurilor şi a albiei.

Reţeaua de sprijin trebuie:

- să asigure atât reprezentarea planimetriei suprafeţei terenului(obiectele existente, toate coturile şi meandrele albiei, insulele şi bancurile de nisip din albie etc.), cât şi reprezentarea reliefului terenului şi a fundului albiei;
- să permită determinarea cotelor nivelurilor apei (oglinda apei) în lungul râului şi transversal pe râu;
- să asigure prin măsurători adâncimea navigaţiei pe râuri, fluvii, litoralul maritim.

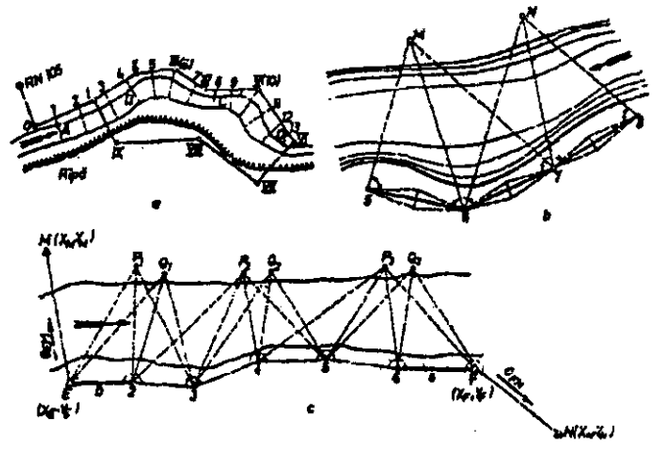


Fig. 4.1. Drumuire principală de teodolit – nivelment geometric:
a-traseul general al drumuirii principale; b-drumuire prin tahimetrie optică; c – drumuire prin intersecţie laterală; 1, 2, 3, ... 11, 12, 13 – profile transversale de albie; A, B, C, D – puri bătuţi lângă mal şi reţezuţi la orizontul apei în acelaşi moment (puri de nivel); O, I, II, ... IX – puncte de drumuire; RN 105 – reper de nivelment din reţeaua altimetrică de stat; 5 – 6, 6 – 7 – laturile drumuirii principale ale căror lungimi se determină prin tahimetrie paralactică; M, N puncte suplimentare determinate prin procedeul intersecţiei; 2, 3, ..., 6 – punctele drumuirii principale; b, s – baze; P_1, Q_1, P_2, Q_2, etc. – puncte laterale.

Reţeaua de sprijin pentru ridicarea văii şi albiei râului este alcătuită din *drumuiri principale de planimetrie-nivelment* fixate pe un mal, în lungul unui mal sau pe ambele maluri în cazul albiei mai lată de 300 m (fig. 4.1, a). Traseul drumuirii principale (care este aproximativ paralel cu malurile râului şi aşezat în concordanţă cu coturile râului şi la limita nivelului apelor medii) este o drumuire întinsă, cu laturi aproximativ egale, de circa 200...500 m lungime, sprijinită la capete pe puncte ale reţelei de stat, la intervale de 3...20km.

Drumuirea principală se proiectează, de obicei, pe sectoare corespunzătoare lungimilor pragurilor şi grindurilor, acestea prezentând importanţă pentru transportul pe apă, unde problema de bază este asigurarea adâncimii necesare pentru navigaţie. De aceea, lungimea drumuirii corespunzătoare lungimilor pragurilor se consideră egală cu 3,6 şi 10 m. Dacă traseul drumuirii este un poligon închis, cum este cazul amplasării drumuirii pe ambele maluri ale râului, lungimea drumuirii va fi respectiv de 7,14 şi 22 km.

Toleranţa admisă la drumuirea principală este de 1:1 500 la ridicarea pragurilor de la 3 până la 10 km, pentru o lăţime a râului de 1000 m şi mai mare; de 1:1000 la ridicarea pragurilor şi

grindurilor până la 6 km şi lăţimea râului de 500...1000 m. În condiţii nefavorabile ale terenului, neînchiderea relativă admisă a drumuirii poate coborî până la 1:700.

În câmpiile împădurite din luncile râurilor mari laturile drumuirii se pot măsura prin tahimetrie optică (paralactică, cu mira Redta) ca în figura 4.1, b, cu dispozitive electrooptice de precizie medie, prin intersecţie laterală (fig. 4.1, c) sau prin procedeul patrulaterelor fără diagonale (fig.4.2).

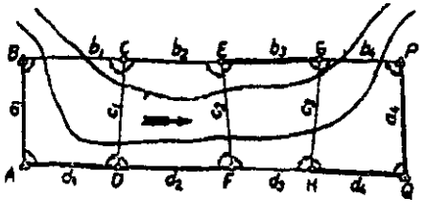


Fig. 4. 2. Lanţ de patrulatere fără diagonale :
A, B, P, Q – puncte de sprijin de coordonate cunoscute; C, D, E, F, etc. – puncte noi; b_1, a_1, d_1, a_4 – laturi măsurate pe teren; A, B, C, D, ... P, Q – unghiuri măsurate pe teren; b_1, b_2, d_3, b_4, c_1, c_2, c_3 – laturi determinate din calcul.

Pe râurile cu lăţimea albiei mai mare de 300 m şi mai ales pe sectoarele râurilor cu grinduri şi praguri, reţeaua de sprijin planimetrică poate fi şi o triangulaţie (sub forma unui lanţ de triunghiuri cu laturi între 300 m...2 km).

Toate punctele drumuirii planimetrice vor coincide cu punctele drumuirii de nivelment geometric (în caz că se foloseşte şi pentru nivelmentul longitudinal al râului), respectiv cu punctele drumuirii de nivelment trigonometric (pe râurile cu zone accidentate şi care servesc numai pentru întocmirea planului topografic).

Ridicarea topografică a detaliilor planimetrice şi altimetrice de pe maluri se face pe baza profilelor transversale(trasate perpendicular pe direcţia generală a văii râului, la intervale de 50...300 m), iar între profile, prin radiere tahimetrică.

În prezent, ridicarea văilor râurilor mari şi a litoralului maritim se execută prin metode fotogrammetrice.

4.1.2. Profilul longitudinal al râului

Profilul longitudinal al râului se utilizează pentru proiectarea centralelor hidroelectrice, a regularizărilor de râuri pentru amenajarea condiţiilor de navigaţie, la proiectarea amplasamentelor barajelor, podurilor, alimentării cu apă etc.

Lucrările topografice pentru întocmirea profilului longitudinal al râului cuprind:

- alcătuirea bazei altimetrice pentru nivelmentul orizontului apei;
- nivelmentul orizontului apei în râu;
- prelucrarea materialelor pentru întocmirea profilului longitudinal.

Baza altimetrică pentru nivelmentul longitudinal al orizontului apei în râu (fig.4.3) este alcătuită din drumuiri principale de planimetrie şi de nivelment, fixate pe un mal sau pe ambele maluri ale cursului de apă. De la reperii permanenţi A şi B din drumuirea principală de nivelment se determină cotele unor reperi de lucru R_1, R_2 etc. (plantaţi în apropierea apei), fie dintr-o singură staţie (radiere de nivelment) fie prin drumuiri secundare de nivelment, dacă distanţele l_1, l_2 etc. sunt mari.

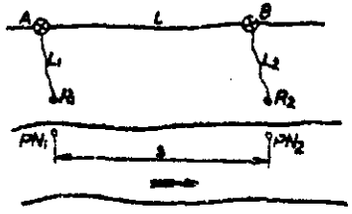


Fig. 4.3. Baza altimetrică pentru nivelmentul longitudinal al orizontului apei din râu:
A, B – reperi permanenţi; R_1, R_2 – reperi de lucru; PN_1, PN_2 – pari de nivel, s – distanţa între parii de nivel

Reperii de lucru (reperii provizorii) se folosesc pentru nivelmentul orizontului apei, reducerea (corectarea) nivelului apei în lungul râului la un singur moment de timp (nivelul convenţional N_c), legarea observaţiilor nivelului apei din posturile hidrometrice etc.

De la reperii de lucru R_1, R_2 etc. se determină cotele orizontului apei în capul unor pari de nivel PN_1, PN_2 etc.(fig.4.3), bătuţi în apă în apropierea reperilor de lucru.

Reperii permanenţi de nivelment se plantează mai sus de cotele nivelului normal al remuului viitorului lac de acumulare şi cu cel puţin 1m deasupra nivelului apelor extraordinare (N.A.E.). Reperii permanenţi se plantează la 5…6 km, iar reperii provizorii la 2…3 km, în apropierea posturilor hidrometrice, lângă afluenţii râului, în faţa grindurilor etc.

Nivelmentul orizontului apei în râu se execută în două moduri:

- prin nivelment instantaneu al parilor de nivel bătuţi la oglinda apei pe tot sectorul studiat al râului (până la 2…3 km lungime) într-un moment de timp ales, după care se execută nivelmentul capetelor parilor pentru a se determina cotele acestora. Observaţiile nivelului oglinzii apei se efectuează şi în posturile hidrometrice în sectorul studiat, la intervale de timp de câte 8 ore(de 3 ori în 24 ore);

- prin executarea timp de 1…2 zile a observaţiilor nivelului apei la parii de nivel (PN), inclusiv în posturi hidrometrice provizorii(PH), fixate în lungul râului în locuri caracteristice care provoacă schimbarea pantei apei râului şi variaţia transversale a albiei; acest mod de executare a nivelmentului orizontului apei are loc în cazul observaţiilor pe întinderi mari ale râului. În acest caz, nivelurile apei în momentul măsuătorilor (N_l- nivelul de lucru) urmează a fi recalculate pentru a se obţine cota nivelului apei redus la un acelaşi moment de timp (prin introducerea corecţiei de reducere ΔH_r). Nivelul apei obţinut prin introducerea reducerii ΔH_r este un nivel convenţional N_c, la

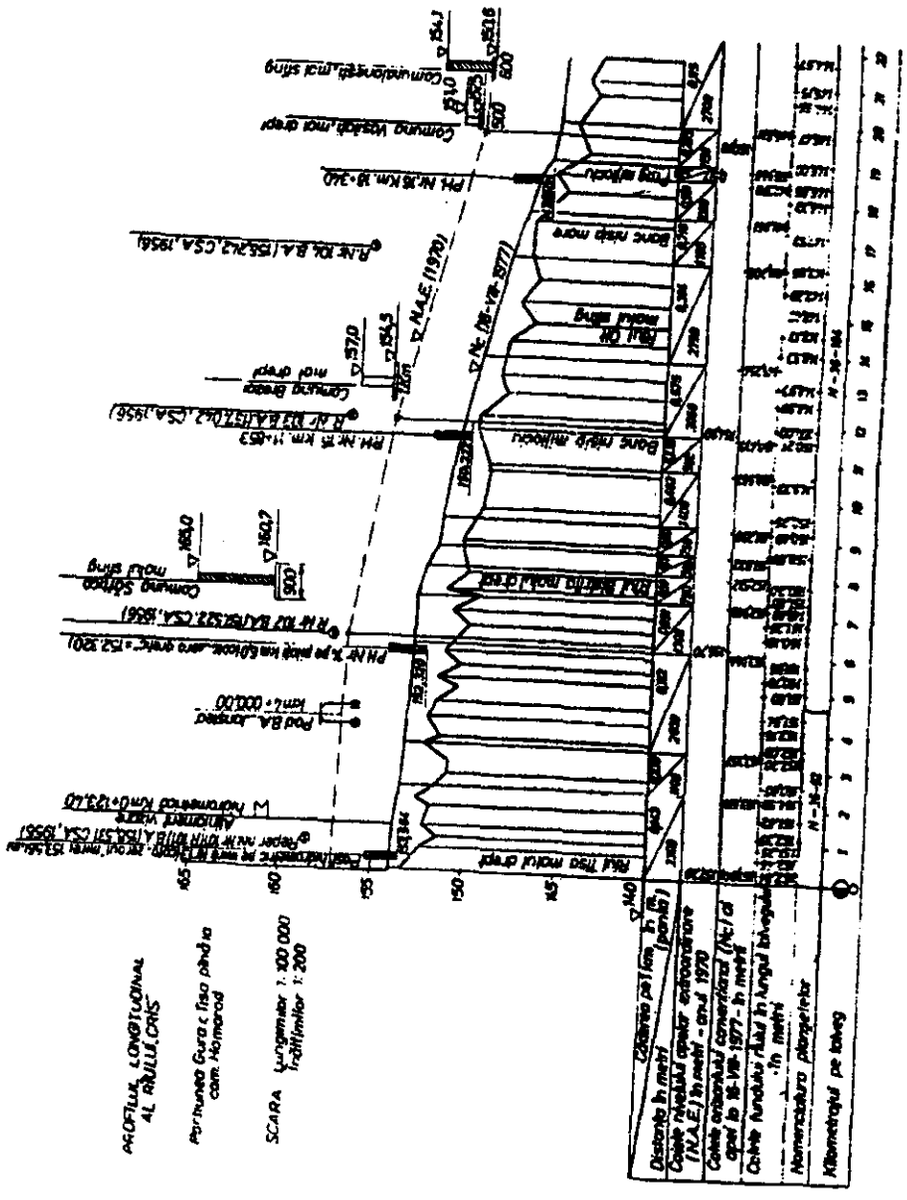


Fig. 4. 4. Profilul longitudinal al râului Criş

care se raportează, la un acelaşi moment de timp, toate măsurătorile nivelului apei. Mărimea nivelului convenţional N_c se determină din graficul de variaţie al nivelurilor apelor mici (de etiaj), măsurate în posturile hidrometrice provizorii din sectorul studiat al râului.

Dacă lipsesc planurile cu izobate, întocmite pe baza ridicărilor topo-hidrografice, se vor determina odată cu nivelmentul orizontului apei şi cotele profilelor transversale de pe maluri şi din albie, trasate perpendicular pe albia râului în posturile hidrometrice şi alte puncte caracteristice.

Cotele de pe maluri se determină prin nivelment trigonometric(tahimetric), iar distanţele dintre punctele profilelor transversale, prin tahimetrie stadimetrică cu precizia de cel mult 1:300.

De asemenea, se execută sondaje pentru a se determina cotele fundului apei în lungul talvegului sau pe o linie situată la mijlocul albiei râului. Poziţia în plan a acestor puncte, cât şi a punctelor din albie de pe profilele transversale, a posturilor hidrometrice provizorii şi permanente, a parilor de nivel, a limitelor caracteristice ale albiei râului, a reperilor de nivelment permanenţi şi provizorii se determină grafic pe hărţile topografice.

Planşa profilului longitudinal al râului se întocmeşte pe baza măsurătorilor din teren şi a lucrărilor de birou. Pe profil se trece kilometrajul pe linia talvegului sau pe o linie mediană a albiei, cotele nivelurilor apelor în punctele caracteristice(PH_i, PN_i), cotele malurilor şi a zero-urilor PH, pantele longitudinale ale apei, poziţia centrelor populate şi a întreprinderilor industriale etc.(fig.4.4).

Scările lungimilor şi înălţimilor pentru profilul longitudinal se aleg astfel încât reprezentarea detaliilor să fie clară, de aceea, mărimea scării nu caracterizează precizia profilului.

Profilul longitudinal al râului poate fi întocmit la scări mai mici (profil simplificat) sau la scări mai mari (profil amănunţit); în tabelul 4.1 se prezintă orientativ scările profilelor longitudinale ale râurilor.

4.1.3 Măsurarea adâncimilor albiei

Măsurarea adâncimilor albiei pe întinderile de apă (râuri, lacuri, zona litoralului mării) face parte din ridicările hidrografice.

Măsurarea adâncimilor albiei permite cunoaşterea reliefului fundului pe diferite direcţii, fie pentru a întocmi planul albiei (planul hidrografic) cu izobate sau cu curbe de nivel, fie pentru a întocmi profilul pe o anumită direcţie(profilul transversal al albiei râului, profilul longitudinal în lungul râului sau profilul în lungul unei traverse oarecare şi litoralul mării).

Scările profilelor longitudinale ale râurilor

Tabel 4.1

Felul profilului	Caracteristicile râului	Scările profilului	
		Lungimile	Înălţimile
Profil simplificat	-pentru râuri mari în regiuni de şes	1:100 000 1:300 000 1:500 000	1:200 1:500 1:1 000
	-pentru râuri mici în regiuni de şes şi pentru râuri la munte	1:50 000 1:100 000	1:200 1:200
Profil amănunţit	-	1:25 000 1:50 000 1:100 000 1:200 000	1:50...1:100 1:100...1:200 1:100...1:200 1:200...1:300

Izobatele (sau curbele batimetrice) sunt curbe de egală adâncime, adică toate punctele izobatei au aceeaşi cotă, măsurată faţă de nivelul convenţional N_c sau de lucru N_l al orizontului apei.

Volumul şi precizia lucrărilor de măsurare a adâncimilor (lucrărilor de sondaj) depinde de scara ridicării hidrografice (care determină numărul punctelor de sondaj şi desimea profilelor transversale pe albia râului) şi de procedeul de sondaj ales. Din acest punct de vedere se deosebesc sondaje informative, normale şi în detaliu.

Sondajele în detaliu sunt necesare la stabilirea amplasamentelor construcţiilor hidrotehnice, la studiile privind rectificarea albiei râului, la pozarea conductelor prin râuri şi bazine de apă, la întocmirea proiectelor şi la execuţia infrastructurilor podurilor de drum şi de cale ferată.

În tabelul 4.2 sunt date mărimile distanţelor dintre profilele şi punctele de sondaj în cazul sondajului în detaliu.

Distanţele dintre profile şi punctele de sondaj

Tabel 4.2

		Lăţimea râului, (m)				
		100...200	200...300	300...500	500...1 000	>1 000
Distanţele dintre profilele de sondaj, (m):	-pe râurile adânci	50	75	100	150	200
	-pe sectoarele cu praguri şi grinduri	10	20	20	25...50	50...100
	-distanţe dintre punctele de sondaj, (m).	3...5	5	5...10	10...15	15...30

Măsurarea adâncimilor pe întinderile de apă comportă următoarele operaţii principale:

•**măsurarea adâncimilor prin sondare, în raport cu nivelul apei care a fost înregistrat în** momentul sondajului(nivelul de lucru N_l);

•**determinarea poziţiei în plan a punctelor de sondaj (în care s-a efectuat măsurarea** adâncimilor);

•**reducerea adâncimilor măsurate de la nivelul de lucru N_l la nivelul apei cel mai** coborât (de navigaţie, cunoscut) sau la un nivel oarecare al apei, nivelul convenţional N_c, în raport **cu care se trec adâncimile pe plan; introducerea corecţiilor (reducerilor) în valorile adâncimilor** măsurate se face pe baza observaţiilor nivelului apei în posturile hidrometrice cele mai apropiate de sectorul măsurării adâncimilor sau în posturi hidrometrice provizorii, instalate special în acest sector.

Determinarea cotei nivelului apei pe baza observaţiilor din posturile hidrometrice se face astfel: la instalarea postului cu mire hidrometrice (a postului pe piloţi sau a altor tipuri de posturi hidrometrice) **se determină prin nivelment geometric tehnic cotele zero ale observaţiilor (cota zero a** mirei hidrometrice, a capetelor piloţilor etc.); cota zero a observaţiilor se determină faţă de cota **reperului de nivelment de control sau în raport de cota zero a graficului postului hidrometric (P.H).**

Se amplasează o drumuire de nivelment geometric tehnic dus-întors de la reperul de bază R_B (fig.4.5. a), prin reperul de control R_7 până la mira hidrometrică M. Mira de nivelment se aşează ori pe capătul superior al mirei hidrometrice, ori pe un cui bătut lângă o diviziune decimetrică a

mirei hidrometrice sau, dacă este posibil, citirea în timpul nivelmentului se face direct pe mira hidrometrică; mirele hidrometrice sunt din lemn (fig. 4.6, a) sau metalice, având numerotarea în decimetri , iar diviziunile din 2 în 2 cm; mirele hidrometrice se fixează în poziţie verticală pe pereţii *construcţiilor* hidrotehnice (fig.4.6, b) sau în poziţie înclinată, pe cheiurile din porturi, când pot fi şi din beton.

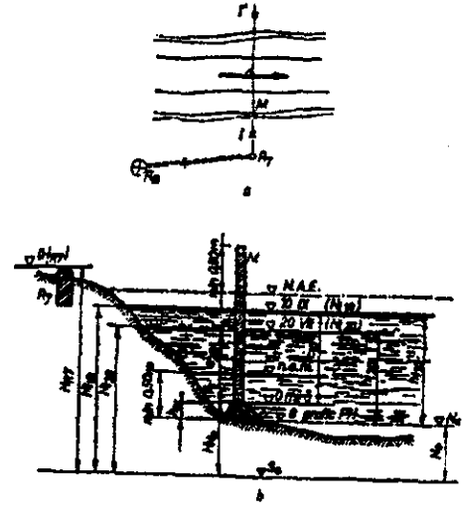


Fig. 4.5. Schemă cu amplasarea postului hidrometric cu mire:
a – plan; b – secţiune verticală.

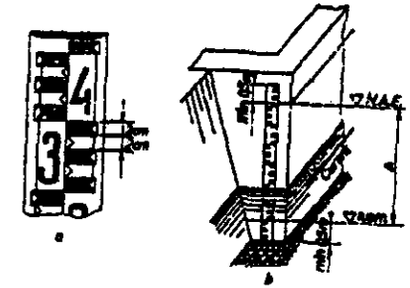


Fig. 4.6. Mire hidrometrice:
a – mire din lemn; b – mire fixată în poziţie verticală;
A – amplitudinea totală a variaţiei nivelului apei.

Drumuirea va fi înlocuită cu radierea dublă de nivelment geometric, în cazul determinării cotei reperului de control R_7 dintr-o singură staţie de la reperul de bază R_B.

Nivelmentul la instalarea postului hidrometric pe piloţi se efectuează la fel ca nivelmentul la postul cu mire hidrometrice.

Determinarea nivelului apei pe baza observaţiilor din posturile hidrometrice necesită citirea nivelului apei faţă de cota zero a observaţiilor.

Pentru a exprima mărimile observaţiilor (citirilor) printr-o valoare reală, se vor reduce toate citirile, făcute după program pe mirele hidrometrice ale postului, la *cota zero a graficului postului.* Pentru aceasta se alege cota zero a graficului cu cel puţin 0.5 m mai jos decât nivelul apelor celor mai scăzute n.a.m., observate vreodată (fig.4.5, b). Cota zero a graficului, în acelaşi sistem de cote ca al reperului de control R_7, se alege astfel ca să se exprime în metri întregi.

Reducerea la cota zero a graficului P.H. (h_i) se face adunând valoarea citită pe mira hidrometrică a orizontului apei c_i cu valoarea supraînălţării cotei zero a mirei h_0, adică (v. fig. 4.5, b):

$$h_{ii} = h_0 + c_i$$

unde:

$$h_0 = H_{M0} - N_0$$

Cota nivelului apei $N_i(H_i)$ dată pe baza observaţiilor din P.H.(nivelul de lucru) va fi:

$$N_{ii} = N_0 + h_{ii}$$

unde:

h_{ii} - supraînălţarea nivelului apei la data respectivă i faţă de cota zero a graficului P.H. (valoarea reducerii citirii nivelului apei la cota zero a graficului);

h_0-supraînălţarea cotei zero a mirei hidrometrice faţă de cota zero a graficului P.H.;

c_i-citirea nivelului apei pe mira hidrometrică la data i ;

H_{M0}- cota zero a mirei hidrometrice obţinută prin nivelment geometric la instalarea P.H.;

N_0-cota aleasă ca zero a graficului P.H.;

De exemplu, cota nivelului apelor minime(n.a.m) este H_{nam} = 69,15 m, atunci cota zero a graficului P.H. aleasă conform indicaţiilor menţionate va fi N_0 = 68,00. Dacă cota zero a mirei este H_{M0} = 68,35 m, rezultă h_0 = 0,35 m. În ziua de 20.VIII, nivelul apei citit pe mira hidrometrică a fost c_{20} = 1,34 m, iar în ziua de 10.IX, c_{10} = 1,76 m. Rezultă: $h_{i_{20}} = 0,35 + 1,34 = 1,69$ m şi $h_{i_{10}} = 0,35 + 1,76 = 2,11$ m, iar $N_{i_{20}} = 68,00 + 1,69 = 69,69$ m şi $N_{i_{10}} = 68,00 + 2,11 = 70,11$ m.

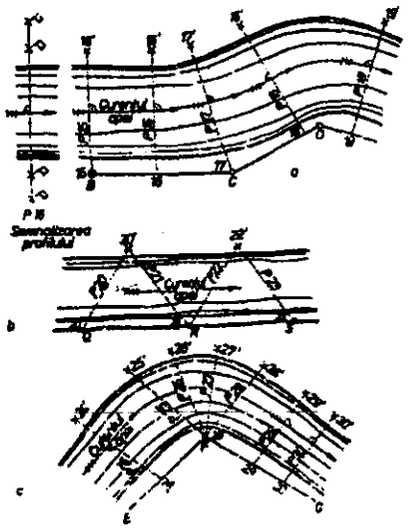


Fig. 4.7. Măsurarea adâncimilor pe râuri:
a – traverse normale; b – traverse oblice;
c – traverse în evantai.

Măsurarea adâncimilor pe râuri şi fluvii se face în puncte de sondaj, dispuse în lungul unor trasee normale (fig. 4.7, a) sau oblice, pe direcţia curentului apei (fig 4.7, b). În coturile râurilor, aceste trasee numite traverse sau profile transversale se amplasează în evantai (fig.4.7, c).

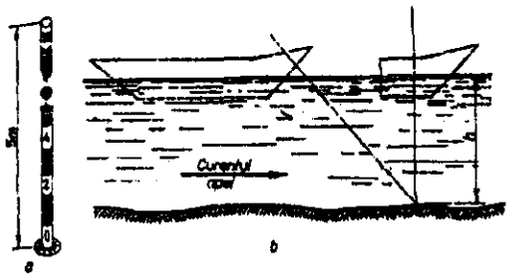


Fig. 4.8. Măsurarea adâncimilor cu bastonul de sondaj:
a – baston de sondaj; b – măsurarea adâncimilor.

Legarea planimetrică şi altimetrică a traverselor de drumuirea principală de planimetrie-nivelment este obligatorie când se întocmeşte planul albiei cu curbe batimetrice sau planul cu curbe de nivel cuprinzând atât albia râului cât şi fâşia de teren de pe ambele maluri.

Dispozitivele pentru măsurarea adâncimilor sunt în principal: mirele de nivelment (în cazul adâncimilor mici), bastonul de sondaj, sonda de mână, sonda mecanică şi sonda acustică.

Bastonul de sondaj (fig.4.8, a) este din lemn, având la capătul care se introduce în apă un sabot şi un disc metalic; bastonul este de 5 m lungime, divizat în decimetri, în culori alternative alb şi roşu. Măsurarea adâncimilor constă din scufundarea bastonului vertical în apă şi citirea adâncimii pe baston când acesta atinge fundul (eroarea citirii este de ±5 cm); bastonul se aruncă puţin înainte, contra curentului (fig.4.8, b), ca să ia poziţie verticală atunci când ajunge la fund.

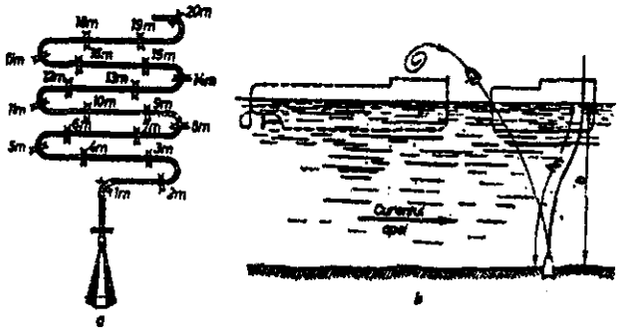


Fig. 4.9. Măsurarea adâncimilor cu sonda de mână:
a – sondă de mână; b – măsurarea adâncimilor.

Sonda de mână (fig.4.9, a) este formată dintr-o greutate metalică (1...15 kg) de care se leagă cablul de oţel al sondei, gradat în decimetri şi de lungime 5...40 m. Măsurarea adâncimilor se face la fel ca la măsurarea cu bastonul de sondaj, aruncând sonda înainte (fig.4.9, b) contra curentului, ca să ia poziţie verticală când ajunge la fund. La adâncimi mai mari de 10...15 m, măsurate pe râuri cu viteza apei mai mare de 1 m/sec, se recomandă aplicarea unui coeficient de reducere (k = 0,9) asupra citirii normale

(h_n), făcută pe sonda de mână, la nivelul apei (fig.4.9,h) ; adâncimea reală a fundului (h) va fi : $h = 0{,}9\ h_n$.

Sonda mecanică este o sondă de mână la care lansarea sondei şi măsurarea adâncimilor se face cu ajutorul unui troliu ; cu sondele mecanice se măsoară adâncimi mari.

Sonda acustică (telemetrul acustic) este format dintr-un dispozitiv emisie-recepţie de ultrasunete instalat la fundul unei ambarcaţiuni; vibratorul *A* (fig.4.10) emite impulsuri ultrasonore care se vor reflecta pe fundul albiei în *C* şi apoi vor fi recepţionate de receptorul *B;* dacă se înregistrează timpul *t* dus-întors al ultrasunetelor pe traseul $AC+CB=2s$, se obţine adâncimea fundului albiei *h* conform relaţiei :

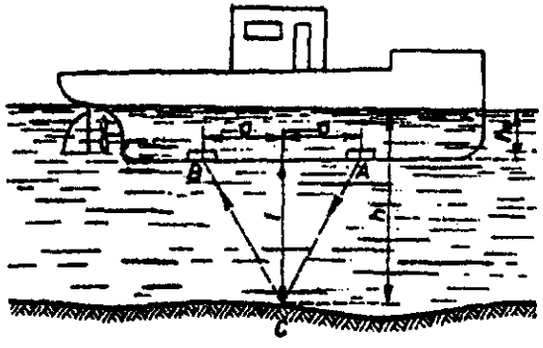


Fig. 4.10. Măsurarea adâncimilor cu sonda acustică.

$$h = l + h_0 = \sqrt{\frac{v^2 \cdot t^2}{4} - a^2} + h_0,$$

în care :

v -este viteza de propagare a ultrasunetelor în apă (se admite v = 1500 m/sec);

a - jumătatea distanţei dintre axele verticale ale dispozitivelor de emisie şi recepţie;

h_0 - adâncimea de cufundare a dispozitivului emisie-recepţie.

Cu sonda acustică se pot măsura automat adâncimi între 0,5 şi 60 m, cu o eroare de ±10 cm; sonda acustică prezintă în plus avantajul că măsurarea adâncimilor se poate face continuu (circa 250 măsurători pe minut).

Poziţia planimetrică a punctelor de sondaj în lungul traverselor se determină prin următoarele procedee:

• *măsurarea cu cablul divizat* (fig.4.11, a), care este întins în prealabil, perpendicular pe direcţia curentului; cablul de oţel este divizat în intervale de 1,2,5 sau 10 m, în dreptul cărora se măsoară adâncimile pe râurile până la 200 m lăţime şi cu viteza curentului până la 1,5 m/sec. Iniţial, se bat parii *m* şi *n* care se retează concomitent la nivelul apei (N_1) în momentul sondajului (nivelment instantaneu). Se nivelează geometric capetele parilor, obţinându-se astfel cota nivelului de lucru (N_1) al apei. Prin măsurare se determină adâncimile apei: $h_1 = \overline{1\text{-}1}$, $h_2 = \overline{2\text{-}2}$ etc., iar cotele

fundului vor fi $H_1 = H_1 - h_1$; $H_2 = H_1 - h_2$ etc.; distanţele pe verticală de la cablu la orizontul apei (circa 2...5 cm) nu sunt luate în considerare;

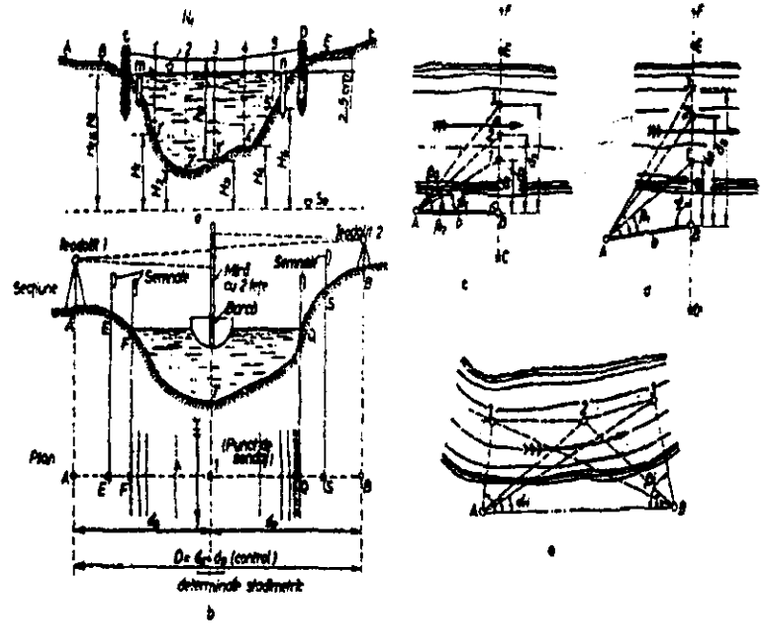


Fig. 4.11. Determinarea poziţiei planimetrice a punctelor de sondaj pe râuri:
a – măsurarea cu cablul divizat; b - măsurarea prin tahimetrie stadimetrică; c, d – măsurarea prin intersecţie cu un teodolit; e – măsurarea prin intersecţie cu două teodolite

• *măsurarea fără cablu divizat*, traversa fiind semnalizată pe ambele maluri de câte două semnale-jaloane, balize (fig.4.11, b). În acest caz poziţia planimetrică a punctelor de sondaj se determină:

- prin tahimetrie stadimetrică cu două teodolite instalate fiecare pe câte un mal (fig.4.11, b), care vizează concomitent pe o miră cu două feţe, ţinută vertical în barcă (în dreptul punctului de sondaj) au cu tahimetrul *BRT 006*, în cazul râurilor de lăţime mică (până la 200 m) şi viteza curentului mică (până la 0,5 m/sec) ;
- prin intersecţie cu un teodolit (fig.4.11, c, d) instalat în staţie în capătul *A* al bazei $AB = b$, dispusă perpendicular pe linia de vizare (fig.4.11, c) sau sub un unghi oarecare φ (fig.4.11, d) în cazul râurilor cu lăţime mai mare de 200 m; distanţele d_1, dintre bază şi punctele de sondaj (1, 2 etc.) se determină rezolvând triunghiurile dreptunghice *AB1, AB2* etc. (4.11, c) sau triunghiurile oarecare *AB1,AB2* etc. (fig.4.11, d); dacă sondajul se face în lungul râului

pe direcţia talvegului, poziţia planimetrică a punctelor de sondaj, de-a lungul traverselor, se determină prin intersecţie cu două teodolite (fig.4.11, e). În cazul măsurării cu sonda acustică, poziţia punctelor de sondaj se determină prin metoda intersecţiei cu 1 sau 2 teodolite.

Reducerea adâncimilor măsurate la un singur nivel convenţional N_c al apelor se efectuează pentru a se obţine date uniforme şi comparabile despre adâncimile din bazinul de apă pe tot sectorul de cercetare al râului, lacului sau litoralului mării.

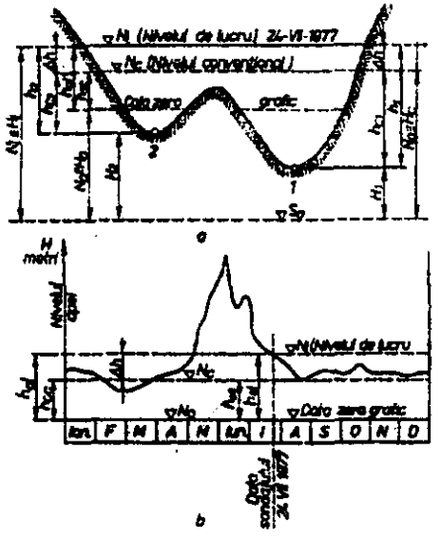


Fig. 4. 12. Reducerea adâncimilor la nivelul convenţional N_c al apelor:
a – profil prin albie; b – grafic cronologic.

În figura 4.12,a s-a reprezentat un profil prin albia unui lac. Adâncimile au fost trecute pe profil în jos, de la nivelul de lucru N_l al apelor; acest nivel, numit şi grafic cronologic (fig.4.12, b), a fost determinat după graficul de oscilaţie a nivelurilor medii zilnice pe tot anul, observate în postul hidrometric cel mai apropiat, ţinând seama de data şi ora sondajului (24.VII). Dacă nu este întocmit graficul cronologic, nivelul de lucru N_l al apelor este admis egal cu cota nivelului apei în momentul sondajului. Nivelul convenţional N_c poate fi considerat egal cu nivelul apelor cel mai mic dintr-o anumită zi din perioada de vară.

În prealabil, se determină corecţia de reducere Δh a adâncimii cu relaţia:

$$\Delta h = N_l - N_c = N_0 + h_{0l} - (N_0 + h_{0c}) = h_{0l} - h_{0c},$$

în care :

h_{0l} şi h_{0c} sunt suprafinălţările nivelului de lucru al apei ($h_{0l} = h_n$ din figura 4.5) respectiv, ale nivelului convenţional, faţă de cota zero a graficului postului hidrometric;

N_l, N_c şi N_0 - cotele nivelului de lucru şi nivelului convenţional, respectiv cota zero a graficului postului hidrometric.

Adâncimea fundului h_c într-un punct oarecare în raport cu nivelul convenţional N_c (fig.4.12, a) se calculează prin diferenţa (de regulă) dintre adâncimea măsurată prin sondaj h faţă de nivelul de lucru N_l, şi corecţia de reducere Δh:

$$h_c = h - \Delta h$$

Datele măsurătorilor adâncimilor se trec pentru fiecare traversă pe o pagină a carnetului de sondaj (tab.4.3)

Carnet de sondaj

Tabelul 4.3

Poziţia traversei ...									**Sondajul început la ...ora ...**		
Poziţia punctelor de sondaj s-a determinat prin metoda ...									**terminat la ...ora ...**		
Dispozitivul de sondare ...											
									Starea râului (lacului) ...		
Cota nivelului convenţional (N_c)...									**Înălţimea nivelului apei la postul hidrometric**		
(PH) nr ...											
									-la începutul sondajului (N_l) ...		
									-la terminarea sondajului (N_l) ...		
Nr.crt.	**Distanţa de la reperul ..... (m)**	**Adâncimea**			**Corecţia de înclinare a sondei, (m)**	**Adâncimea corectată, h_n, (m)**	**Cota fundului, H_n, (m)**	**Terenul**	**Obs.**		
		I	**II**	**Media (m)**							
1						h_1	H_1				
2						h_2	H_2				
.						.	.				

Cota fundului albiei într-un punct oarecare de sondaj, H_n din coloana 8 a tabelului 4.3, se determină ca diferenţă între cota nivelului convenţional, N_c şi adâncimea din punctul dat, faţă de nivelul convenţional h_c (fig.4.12, a, în care n = 1,2 etc.):

$$H_n = N_l - h = N_l - \Delta h - h_c = N_c - h_c$$

Pentru reprezentarea reliefului fundului albiei prin izobate, adâncimile măsurate se vor raporta la acelaşi nivel convenţional al apei N_c sau la nivelul cel mai ridicat al suprafeţei oglinzii apei. Cunoscând poziţia planimetrică a punctelor de sondaj, acestea se raportează pe plan şi se trasează izobatele la echidistanţa dată (E = 0.25; 0.50; 1,0 sau 2,0 m, în funcţie de scara planului) prin procedeul interpolării. Punctele cu cea mai mare adâncime de pe fiecare traversă se leagă printr-o linie întreruptă sau punctată (fig.4.13), aceasta reprezentând talvegul albiei.

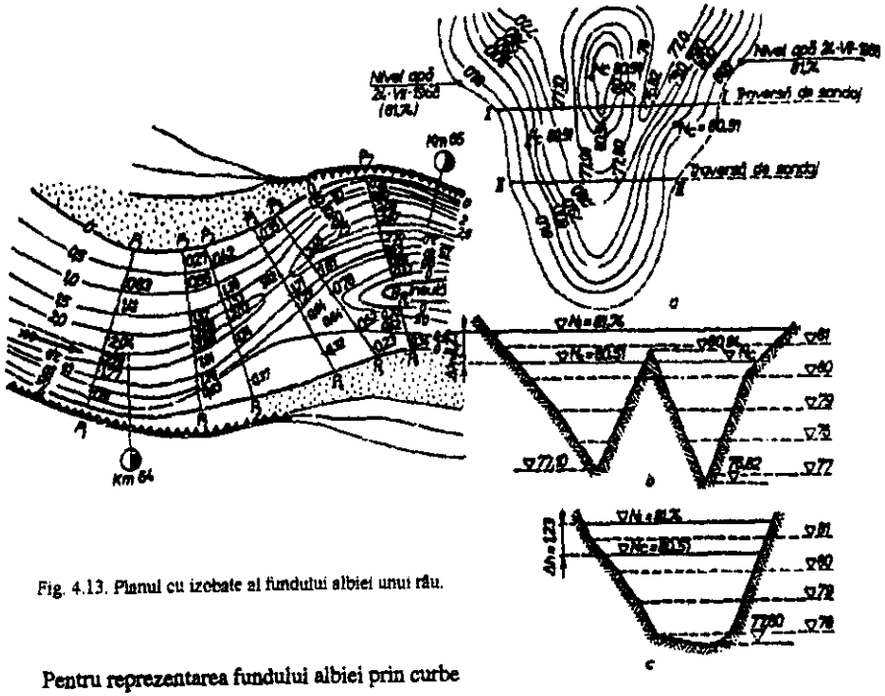


Fig. 4.13. Planul cu izobate al fundului albiei unui râu.

Pentru reprezentarea fundului albiei prin curbe de nivel, se calculează cotele fundului în dreptul fiecărui punct de sondaj, cu relaţia anterioară. Având astfel punctele cotate pe fiecare traversă, se trasează prin interpolare curbele de nivel la echidistanţa aleasă.

Fig. 4.14. Planul cu curbe de nivel al fundului albiei lacului:
a – plan; b – profil traversă I-I; c – profil traversă II-II

În figura 4.14, a, este reprezentată o parte din planul cu curbe de nivel, la echidistanţa E = 1m, al unei porţiuni dintr-un lac, întocmit pe baza măsurării adâncimilor la o anumită dată, în raport cu nivelul de lucru N_l sau nivelul instantaneu (având cota H_l = 81,74 m) determinat în timpul lucrărilor de sondaj. Acest nivel, în cazul lacului (fig.4.14,b,c) se află mai sus de nivelul convenţional N_c, aflat la cota H_c = 80,51 m, cu suprainălţarea (reducerea) :

$$\Delta h = H_l - H_c = 81{,}74 - 80{,}51 = 1{,}23 \text{ m}.$$

4.1.4. TRASAREA CONTURULUI UNUI LAC DE ACUMULARE

În etapa studiilor definitive, pe teritoriul viitorului lac de acumulare se face marcarea pe teren a conturului lacului care de obicei este o linie sinuoasă. Marcarea pe teren se face cu stâlpi de lemn şi balize avertizoare (ultimele numai în locuri stabilite).

Conturul lacului de acumulare este determinat de punctele corespunzătoare cotei remuului normal proiectat.

Lucrările topografice la determinarea conturului lacului de acumulare se referă la: alcătuirea reţelei de sprijin planimetric şi altimetric pe teritoriul viitorului lac de acumulare, şi la aplicarea pe teren (când este necesar).

Pe teren se trasează linia frântă a – b – c - d ...(fig.4.15), astfel ca abaterile în plan k, l, m, ... să nu depăşească valorile date în proiect (de obicei 10 ...25 m). Poziţia punctelor E,F,G ... de pe conturul lacului de acumulare se transpune pe teren prin nivelment geometric sau trigonometric. Dacă este necesară şi cunoaşterea coordonatelor punctelor conturului lacului de acumulare, se alcătuieşte o drumuire tahimetrică cu laturile de 100 ...150 m, măsurate prin tahimetrie stadimetrică.

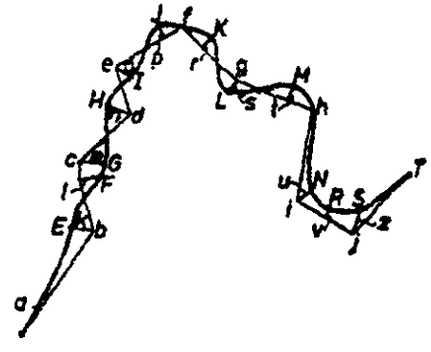


Fig. 4.15. Schema determinării pe teren a conturului lacului de acumulare.

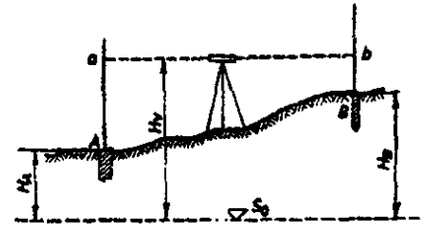


Fig. 4.16. Aplicarea pe teren a cotei conturului lacului de acumulare prin nivelment geometric.

Aplicarea pe teren a conturului lacului de acumulare prin nivelment geometric tehnic se face conform figurii 4.16. Se admite că faţă de reperul de lucru A (H_A) trebuie găsit pe teren punctul B, de cotă dată H_B (cota nivelului normal al remuului). Citirea b pe mira aşezată în punctul B al conturului lacului de acumulare, care să corespundă cotei proiectate H_B, se determină cu relaţiile cunoscute : $b = H_v - H_B$,

unde :

$H_v = H_A + a$ - este cota planului de vizare al instrumentului ;

a - citirea pe mira aşezată în reperul de nivelment A de cotă cunoscută H_A.

Punctul B nu se găseşte dintr-o dată, ci prin tatonări, deplasând mira pe panta terenului. Conturul lacului, stabilit pe terenul centrelor populate şi al întreprinderilor industriale, trebuie să aibă o eroare limită a cotei conturului de $\Delta h \leq \pm 0{,}1$ m. Aceasta provoacă variaţii în plan (k, l, m, ...) a conturului (fig.4.15) între 5 şi 25 m, în funcţie de mărimea pantei terenului.

4.2. LUCRĂRILE TOPOGRAFICE PENTRU EXECUŢIE *

4.2.1. TRASAREA AXELOR PRINCIPALE

Axele construcţiilor hidrotehnice se pot clasifica convenţional în axe principale şi axe secundare. Direcţia axelor principale se determină din coordonatele punctelor principale : vârfuri de unghi, puncte caracteristice ale construcţiei, intersecţii de axe.

Ca axe principale se pot considera : axele barajelor de beton şi de pământ, axele turbinei centralei hidroelectrice, axele deversorului şi orificiilor de golire, axele canalelor de aducţiune, de evacuare şi de derivaţie, axele podurilor de drum şi cale ferată amplasate pe baraj, axele estacadelor metalice necesare turnării betonului în cofraje, axele conductelor de presiune, axele tunelurilor şi galeriilor etc. Ca axe secundare se pot considera : axele trasate pentru execuţia diferitelor părţi ale construcţiei hidrotehnice (de exemplu, pentru instalarea cofrajelor necesare turnării betoanelor în lamelele ploturilor barajului, pentru baterea piloţilor etc.).

Aplicarea pe teren a axelor construcţiilor hidrotehnice cuprinde următoarele lucrări:

-pregătirea topografică a proiectului în vederea aplicării pe teren ;

-trasarea pe teren a punctelor principale ale axelor ;

-picheta rea axului trasat şi a profilelor transversale;

-alcătuirea unei drumuiri prin ax sau în apropierea axului trasat ;

-nivelmentul longitudinal al axului pichetat şi al profilelor transversale ;

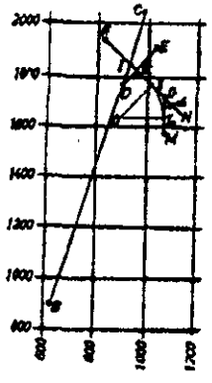
-prelucrarea datelor de teren pentru determinarea coordonatelor şi cotelor reale ale punctelor de pe axul principal şi de pe profilele transversale, inclusiv întocmirea materialului grafic (planul schematic cotat al fâşiei de teren, la diverse scări 1: 1000 ...1:10000, în lungul fiecărei axe principale trasate, planşele cu profilul longitudinal şi cu profilele transversale pe fiecare axă principală);

-reperajul axei principale (varianta definitivă) trasată pe teren.

Aplicarea pe teren a axelor construcţiilor hidrotehnice de bază, cum ar fi axul barajului, axul ecluzei, axul centralei hidroelectrice are loc în etapa iniţială a procesului de construcţie (la executarea batardourilor, săparea gropilor de fundaţie, a instalaţiilor de evacuare a apelor, la executarea căilor subterane etc.).

4.2.1.1. TRASAREA PE TEREN A PUNCTELOR AXELOR PRINCIPALE

Pregătirea topografică a proiectului începe cu o serie de calcule, pornind de la elementele stabilite de proiectant în schiţa de proiectare. De exemplu, pe schiţa de proiectare la scara 1:2000 (fig.4.17,a) se reprezintă porţiuni din trei axe principale *BC*,*DE* şi *FGM* ale construcţiei hidrotehnice de lungimi date *BD* = 900 m, *BC* = 1200 m, *DE* = 200 m, inclusiv perpendicularitatea axelor *DE* şi *FG*.



a)

Denumirea punctului	Coordonate grafice obţinute pe plan la scara 1:2 000		Observaţii
	x	y	
B	896,0	636,3	Coordonate definitive
D	1767,0	896,7	
C	2043,0	982,6	
E	1908,6	1028,0	
F	1940,4	825,5	
G	1714,2	1075,1	Coordonate definitive
M	1586,7	1078,9	

b)

Se determină grafic coordonatele rectangulare ale punctelor iniţiale, conform tabelului din figura 4.17, b, ţinând seama de deformaţia hârtiei de pe originalul planului ;apoi prin calcule analitice se

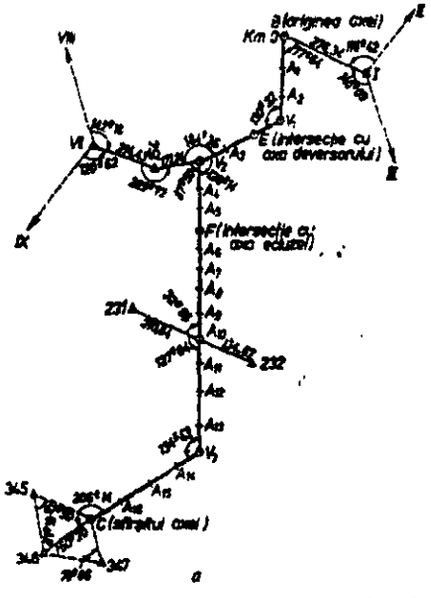
Figura 4.17 Pregătirea topografică pentru aplicarea pe teren a axei principale a construcţiei hidrotehnice a – schiţă la scară cu axele proiectate, b – tabel cu coordonatele determinate grafic pe plan; c – tabel cu distanţele segmentelor principale ale axei.

Denumirea punctelor	Coordonate definitive proiectate		Denumirea axelor	Lungimea axei (m)	Denumirea segmentelor axei	Distanţe orizontale ale segmentelor axelor (m)	
	X	y				Prin calcul	Prin măsurare pe teren
B	896,00	636,30			B-D	900,00	
D	1757,5	896,43	BC	1200,00	D-I	97,23	
I	1850,66	924,53			I-C	202,77	
C	2044,78	983,11			F-I	133,64	
F	1940,40	825,5	FG	336,85	I-H	42,36	
H	1822,21	855,91			H-G	160,85	
G	1714,20	1075,10			D-H	87,83	
M	1585,70	1070,90	DE	200,00	H-E	112,17	
E	1903,78	1030,75					

c)

determină coordonatele rectangulare şi distanţele orizontale între punctele principale ale axelor; rezultatele calculelor au fost trecute în tabelul 4.17. c); cu aceste valori şi cu coordonatele punctelor de sprijin I, II, ..., IX, 231, ..., 347, (fig. 4.18) se continuă calculele pentru a se determina valorile unghiurilor şi distanţele necesare trasării pe teren a punctelor principale prin una din metodele de trasare (coordonate polare, coordonate rectangulare, intersecţii unghiulare etc.). ca rezultat al calculelor se întocmesc tabele şi scheme de trasare (fig. 4.18).

Trasarea pe teren în plan a punctelor axelor principale se face prin metodele de trasare stabilite în timpul pregătirii topografice, cu elementele calculate şi trecute în schemele de trasare (de exemplu originea axei B, vârfurile de unghi V_1, V_2 şi V_3, punctul direcţional A_{10}, capătul axei din figura 4.18).



a

Distanţele orizontale (în m) care urmează a fi aplicate pe teren		Unghiurile orizontale (în grade sexagesimale) care urmează a fi trasate pe teren	
Puncte de sprijin			
I - II	278,34	I, B-B	116° 42
VII - 154	214,43	I,II - B	143° 09
154 - VI	171,24	B, I - V1	77° 64
231 - 346	210,88	V1 B-V2	130° 22
233 - 345	134,87	VI, VII-154	142° 18
Pe axa B - A1	300,00	VII,IX-154	120° 62
A1 - A2	300,00	154,VII-V3	229° 72
A2 - V1	300,00	V3-154-V2	104° 36
V1 - E	271,45	V2-154-F	87° 50
E - A3	300,00	V2-V1 - F	128° 14
A3 - V2	300,00	F, V2 - A10	200° 00
V2 - A4	300,00	A10, 231-F	72° 96
A4 - A5	300,00	A10, 231-V3	127° 04
A5 - A6	300,00	V3-A10 - C	134° 43
A6 - A7	300,00	C, V3 - 346	205° 14
A7 - A8	300,00	345-346-C	61° 50
A8 - A9	300,00	345,346-C	71° 12
A9 - V3	278,50	346,345-C	50° 20
V3 - A10	300,00	345,347-C	78° 06
A10 - A11	300,00	347,346-C	
A11 - A12	300,00		
A12 - A13	300,00		
A13 - A14	300,00		
A14 - A15	300,00		
A15 - A16	300,00		
A16 - V4	278,50		
V4 - A17	300,00		
A17 - A18	300,00		
A18 - C	300,00		

b

Figura 4.18. Schema de trasare a axei principale B - V_1 - V_2 - V_3 -C cu elementele calculate pentru aplicarea pe teren

Toate punctele axelor principale, trasate pe teren, se marchează prin borne de beton de tip mare sau mijlociu şi stâlpi de lemn îngropaţi în pământ, întocmindu-se descrieri topografice cu amplasamentul lor. Pe axa construcţiei se marchează suplimentar puncte de aliniament „direcţionali" (notaţi cu A1, ..., A16, în figura 4.18); numărul direcţionalilor depinde atât de distanţa maximă,

300...500m, ce trebuie să existe între două puncte vecine ale axei, cât şi de asigurarea vizibilităţii între punctele principale vecine.

4.2.1.2. MĂSURĂTORI TOPOGRAFICE PE AXA TRASATĂ PE TEREN.

Drumuirea în lungul axei principale trasate are drept scop determinarea coordonatelor rectangulare ale punctelor principale de pe ax (coordonatele reale sau de execuţie) şi confruntarea lor cu coordonatele de proiectare definitive ale aceloraşi puncte, ca în tabelul 4.4. În cazul nepotrivirii coordonatelor în limitele admise (± 0,4 mm la scara planului), coordonatele de execuţie se consideră finale pentru toate lucrările topografice următoare.

Pichetarea axului principal trasat pe teren se execută aşa cum s-a arătat la „Căi de comunicaţie".

Ridicarea planimetrică a fâşiei de teren în lungul axei se face odată cu executarea pichetajului; ridicarea detaliilor se efectuează prin metodele cunoscute.

Nivelmentul longitudinal al axei constă dintr-o drumuire de nivelment geometric de ordinul V executată prin toţi picheţii axei principale, sprijinită la capete la intervale de 3 km pe repere de nivelment de ordinul IV, amplasate lateral faţă de axa construcţiei, la distanţe de 100...300 m (în afara zonei lucrărilor de terasamente, de depozitare a maselor de pământ şi materialelor de construcţie). Ca rezultat al nivelmentului executat, se întocmeşte profilul longitudinal al terenului în lungul fiecărei axe principale trasate şi pichetate pe teren.

Pichetajul şi nivelmentul profilelor transversale începe cu amplasarea acestora în toţi hectometrii şi în punctele intermediare ce reprezintă schimbările de pantă în lungul axei sau trec prin apropiere de râpe sau ape.

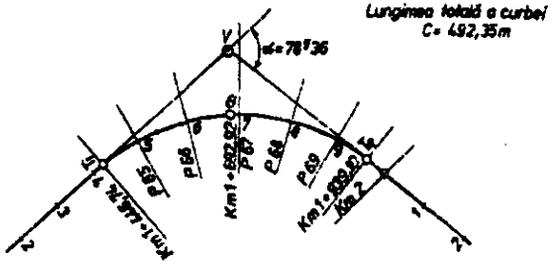
Lungimile profilelor transversale (de la 50 la 500 m) depind de relieful terenului, de dimensiunile şi forma construcţiei, de condiţiile executării lucrărilor de terasamente.

Profilele transversale sunt perpendiculare pe axa principală în porţiunile rectilinii sau pe direcţii normale la curbă, în porţiunile curbe ale axei. În figura 4.19 este prezentat calculul unghiurilor necesare trasării cu teodolitul a profilelor transversale în curbă.

Cotele profilelor transversale pichetate se determină prin nivelment geometric de ordinul V sau prin nivelment tahimetric (în cazul unui relief bine exprimat). În cazul profilelor transversale cu lungimea până la 50 m, nivelmentul picheţilor profilelor transversale se execută odată cu nivelmentul longitudinal al axei, iar cotele picheţilor profilului transversal se determină prin metoda radierii de nivelment (cu puncte intermediare); la lungimi mai mari ale profilului transversal, cotele

picheților profilului se determină prin drumuiri scurte, sprijinite pe cotele oricărui punct de pe axa principală a construcției.

Ca rezultat al ridicării planimetrice și de nivelment se întocmește câte un plan schematic cotat al fâșiei de teren în lungul fiecărei axe principale trasate pe teren. Scara planului cotat, care depinde de întinderea construcției proiectate și de condițiile terenului, poate fi 1:1000, 1:2000, 1:5000 sau 1:10000. De asemenea, se întocmește profilul longitudinal al terenului prin axul principal.



- Unghiul la centru (λ) corespunzător arcelor de cerc l=100m, din $\frac{\pi R}{200}=\frac{C}{\alpha}=\frac{l}{\lambda}$ se obține:
  $\lambda=\alpha\frac{l}{C}=\alpha:\frac{C}{l}=(78,36:4,9235)=15,9159^g=15^g92$
- Unghiul la centru (λ_1) corespunzător arcului de cerc l_1 = 53,26m de la începutul curbei: $\lambda_1=\lambda\frac{l_1}{l}=15,92\cdot0,5326=8,47899^g=8^g48$
- Unghiul la centru (λ_2) corespunzător arcului de cerc l_2 = 39,10m de la sfârșitul curbei: $\lambda_2=\lambda\frac{l_2}{l}=15,92\cdot0,391=6,22472^g=6^g22$

a Unghiurile β_1 și β în picheții 5, pentru trasarea profilului transversal P 65:

$$\beta_1=\frac{200^g-8,48}{2}=95,7605^g=95^g76$$

$$\beta=\frac{200-15,92}{2}=92^g04$$

b Unghiul β în picheții 6,7,8 pentru trasarea profilelor transversale P66, P67, P68:

$$\beta=92^g04$$

c Unghiurile β_2 și β în picheții 9, pentru trasarea profilului transversal P 69:

$$\beta=92^g04$$

$$\beta_2=\frac{200^g-6^g22}{2}=96^g89$$

Control calcule: $(8^g47+\lambda=15^g92+6^g22)=78^g37=\alpha$

Fig. 4.19. Schemă cu elementele necesare trasării profilelor transversale pe o curbă circulară.

Coordonate rectangulare de execuție și de proiectare ale punctelor principale de pe axa $B-V_1-V_2-A_{10}-V_9-C$

Tabelul 4.4.

Denumirea punctelor axei	Coordonate de execuție obținute (m)		Coordonate de proiectare date (m)		Abateri (m)	
	X	Y	X	Y	e_x	e_y
B (originea axei)	1160,43	486,63	1160,56	486,70	-0,13	-0,07
V_1	1081,12	487,78	1081,24	487,72	-0,12	+0,06
V_2	1191,78	306,66	1191,85	306,58	-0,07	+0,08
E (intersecție cu axa deversorului)	1680,92	99,13	1680,81	99,10	+0,11	+0,03
F (intersecție cu axa ecluzei)	962,05	378,21	962,07	378,30	-0,02	-0,09
A_{10}	1491,68	197,15	1491,62	197,08	+0,06	+0,07
V_{10}	1258,65	707,76	1258,40	707,89	+0,25	-0,13
C (sfârșitul axei)	1292,28	510,92	1294,43	507,55	-2,15	+3,37

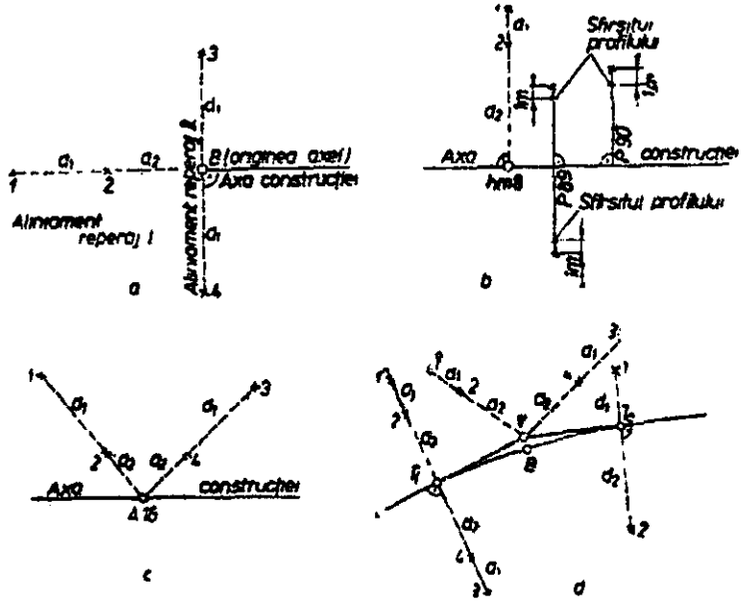
4.2.1.3. REPERAJUL PUNCTELOR AXELOR PRINCIPALE

Reperajul punctelor axelor principale ale construcțiilor hidrotehnice, care se face numai pentru varianta definitivă, constă din plantarea pe teren a unor repere pe aliniamente numite aliniamente de reperaj, în scopul restabilirii punctelor de pe axe cu aceeași precizie cu care ele au fost determinate inițial.

Reperajul se efectuează numai pentru punctele principale ale axei cum sunt: punctele origine și sfârșit ale axei, puncte de intersecție cu conturul construcției proiectate, vârfurile de unghi V_n, puncte direcționale A_n, începutul și sfârșitul curbelor de racordare TI_n și TE_n, capetele profilelor transversale duse prin hectometri PT_n.

Marcarea punctelor axelor principale cu ajutorul aliniamentelor de reperaj se face astfel încât să fie posibilă restabilirea acestor puncte (ce dispar în timpul execuției) prin una din următoarele două metode de reperaj: intersecția aliniamentelor de reperaj și măsurări de lungimi pe aliniamentul de reperaj de la reper până la punctul axei. La prima metodă, punctul axei este restabilit cel puțin prin două aliniamente de reperaj, iar la a doua metodă, numai printr-un aliniament.

Aliniamentele de reperaj se amplasează față de axa construcției în următoarele poziții (fig. 4.20): pe prelungirea axei principale – aliniamentul I (fig. 4.20, a), pe perpendiculare la porțiunile rectilinii ale axei (fig. 4.20, b), pe aliniamentele ce fac între ele unghiuri mai mari de 40^g și mai mici de 160^g (fig. 4.20, d).



Figură 4.20. Scheme de reperaj ale punctelor trasate pe teren aparținând axei principale:
a ... d – diferite moduri de amplasare a aliniamentelor de reperaj.

Aliniamentele de reperaj se marchează pe teren prin repere din beton armat sau de lemn, în funcție de importanța punctului și de perioada de timp după care este necesară restabilirea axelor. Semnalizarea reperelor axelor clădirilor hidrocentralei, barajului etc. este obligatorie.

Pe aliniamentele de reperaj se execută apoi măsurarea unghiurilor între aliniamentele de reperaj și axa construcției și măsurarea lungimilor aliniamentelor între repere precum și între repere și punctele axei. Măsurarea unghiurilor și lungimilor se face cu aceeași precizie cu care au fost trasate pe teren punctele axei principale. Rezultatele măsurătorilor (distanțe și unghiuri) se trec pe scheme de reperaj întocmite la aceeași scară cu a planului schemă cotat al axei principale.

Restabilirea punctelor pe axele principale în procesul de execuție (la executarea fundațiilor etc.), se efectuează prin trasarea pe teren a lungimilor și unghiurilor menționate în schema de reperaj sau prin vizare după aliniamentele de reperaj, cu aceeași precizie ca la măsurătorile topografice pentru determinarea lor.

CAPITOLUL 5

LUCRĂRI TOPOGRAFICE PENTRU CONSTRUCȚII EDILITARE

5.1 LUCRĂRI TOPOGRAFICE PENTRU PROIECTARE *

5.1.1. CONȚINUTUL LUCRĂRILOR TOPOGRAFICE

Proiectarea rețelelor și instalațiilor tehnice se referă la următoarele categorii principale de obiecte: construcții de bază (centrale termice, centrale electrice de termoficare, construcții de captare, stații de tratare etc.), canale de aducțiune și derivație, canale colectoare, rețele de termoficare pentru transport și distribuție etc.

Oricare ar fi tipul construcțiilor, lucrările topografice necesare în procesul proiectării cuprind:

- ridicări topografice la scările 1:10.000, 1:5.000, 1:2.000 cu reprezentarea reliefului la echidistanța curbelor de nivel de 1 m; acestea sunt necesare pentru efectuarea de studii de ansamblu în vederea amplasării generale a rețelelor și construcțiilor anexe situate în afara localităților, precum și a complexelor industriale.
- ridicări topografice la scările 1:2.000, 1:1.000, 1:500 pe fâșii în lungul traseelor rețelelor tehnice, necesare studiilor de detaliu în vederea întocmirii proiectelor de execuție.
- trasarea pe teren a axelor conductelor de aducțiune, canalelor colectoare și a rețelelor de termoficare și de transport în afara localităților; după executarea trasării se trece la picheta rea și nivelmentul traseului, inclusiv reperajul traseului în vârfurile de frângere și pe aliniamente. În localități trasarea axelor traseelor se face prin marcarea punctelor direct pe străzi, la indicația proiectantului ;
- ridicări topografice la scară mare 1:1000....1:100, pentru întocmirea planurilor de situație cu curbe de nivel la echidistanța de 1....0,5 m;
- ridicarea topografică a fâșiilor de teren de lățime 10....40 m în lungul traseelor aplicate pe teren (varianta definitivă). De asemenea , se execută o ridicare topografică a suprafețelor mici ,

pentru întocmirea proiectelor de execuţie a unor obiective (captări de ape , rezervoare , staţii de epurare pentru canalizări , centrale electrice de termoficare etc.);

- ridicări topografice pentru întocmirea releveelor reţelelor tehnico-edilitare existente în localităţi şi întreprinderi industriale , când lipseşte documentaţia lucrărilor executate în trecut; sunt necesare pentru extinderea sau reconstruirea reţelelor ;
- odată cu planurile de situaţie se întocmesc profile longitudinale pe traseele studiate şi profile transversale în punctele caracteristice ale traseului. Profilele se întocmesc la scara 1:1000 pentru lungimi şi 1:200 sau 1:100 pentru înălţimi.

5.1.2 .RIDICAREA REŢELELOR TEHNICO-EDILITARE

Ridicarea în detaliu a reţelelor tehnico-edilitare existente are drept scop determinarea în plan şi în înălţime a poziţiei acestora (traseul în plan şi în profil , poziţia şi secţiunile transversale ale căminelor de racord , căminelor de vizitare şi altor instalaţii anexe, tipul, adâncimea, diametrul, materialul utilizat etc., pentru fiecare categorie de reţea).

Din punctul de vedere al măsurătorilor topografice, reţelele tehnico-edilitare din localităţi, întreprinderi industriale, noduri feroviare, aeroporturi etc. sunt de mai multe categorii :

- conducte forţate, care transportă sub presiune lichide şi gaze ;sunt conducte metalice cu adâncimea de pozare 1...2 m;
- canale (tuburi) pentru scurgerea liberă, care trebuie să păstreze strict pantele date; se folosesc la canalizări şi drenaje şi sunt construite din tuburi prefabricate, de beton armat, din azbociment etc. Aceste reţele au o adâncime mare de aşezare, cuprinsă între 3 şi 12 m;
- trasee de cabluri pentru transport energie electrică, iluminat, transmisiuni (telefon, telegraf, radio), semnalizare de incendiu etc.; acestea sunt în general metalice, cu o adâncime de pozare de 0,5...1 m;
- galeria edilitară, care este construită din elemente prefabricate de beton armat şi conţine toate reţelele tehnico-edilitare de pe artera stradală respectivă (mai puţin reţeaua de gaze). Această construcţie prezintă avantajul că este vizibilă şi astfel se pot controla şi repara reţelele în perioada exploatării.

Reţelele tehnico-edilitare de pe teritoriile întreprinderilor industriale şi din alte localităţi se ridică la scara 1:500, iar profilele transversale prin arterele stradale cu amplasamentele reţelelor tehnico-edilitare existente se raportează la scara lungimilor 1:100 şi scara înălţimilor 1:10.

5.1.3. METODE DE RIDICARE

Traseele în plan şi adâncimile reţelelor subterane se ridică prin metoda directă sau indirectă. Se ridică toate capacele vanelor, căminelor de vizitare sau a altor deschideri, care duc la elementele reţelelor subterane. În dreptul acestor puncte, reprezentate prin semne convenţionale, se scriu sub formă de fracţie, cotele la sol şi adâncimea la care se află reţeaua respectivă.

Toate elementele care dau indicaţii asupra reţelei, se unesc cu linii convenţionale pentru a se urmări traseul ei (fig. 5.1.).

Metoda directă se aplică în toate cazurile în care reţelele tehnico-edilitare au elemente constructive la suprafaţă (capace, cămine, ieşiri etc.) şi în subteran (radiere, console, vane etc.); ele permit stabilirea poziţiei traseului reţelei şi a cotelor acestor elemente.

Această metodă se utilizează şi la ridicarea poziţiei reţelelor în timpul procesului de construcţii-montaj (înainte de astuparea şanţurilor). Ridicarea prin metoda directă se execută cu aparatură şi procedee topografice.

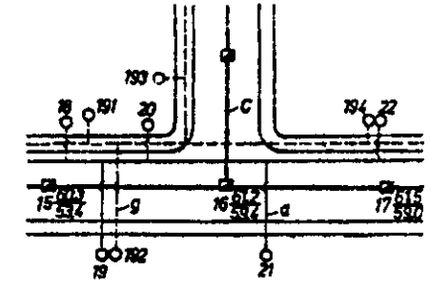


Fig. 5.1. Reprezentarea reţelelor subterane: c – canalizare; a – apă potabilă; g – gaze.

Metoda indirectă se aplică în cazul reţelelor subterane îngropate, care nu au elemente constructive la suprafaţă şi nu există planuri şi profile cu situaţia lor. Această metodă necesită săpături de identificare deci, un volum mare de muncă şi timp. Metoda indirectă se execută prin ridicare aerofotogrametrică la scară mare, prin sondaje şi prin ridicare cu detectoare electromagnetice.

Ridicarea topografică de execuţie a traseelor pozate în tranşee neacoperite(releveul reţelelor tranşeelor edilitare în tranşee deschise) este ridicarea de execuţie cea mai simplă şi cea mai precisă. Poziţia axelor reţelelor tehnico-edilitare şi a instalaţiilor anexe se determină în raport cu baza de ridicare planimetrică şi altimetrică din zona respectivă.

Ridicarea reţelelor subterane cuprinde următoarele operaţii:

- măsurători pentru determinarea poziţiei planimetrice şi nivelitice a traseelor şi instalaţiilor reţelelor subterane. În plan se determină poziţia centrelor căminelor şi vârfurilor traseelor faţă de baza planimetrică sau faţă de axele construcţiilor. Poziţia nivelitică a reţelei edilitare se referă la determinarea cotelor capacelor căminelor şi a cotelor de aşezare a conductelor, canalelor şi cablurilor în fiecare cămin. Aceste cote se determină prin nivelment tehnic în raport cu baza de

ridicare altimetrică. Adâncimea de aşezare a conductelor, cablurilor, radierelor şi jgheaburilor, canalelor se raportează la cota capacului căminului respectiv. Cotele capacelor se verifică prin drumuiri de nivelment geometric.

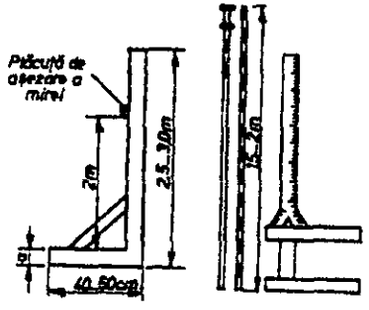


Fig. 5.2. Mire folosite la determinarea adâncimii de pozare a conductelor subterane.

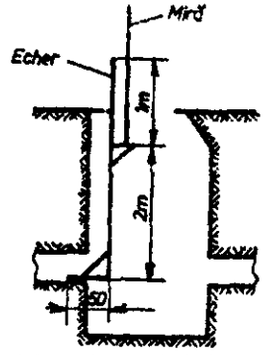


Fig. 5.3. Determinarea adâncimii de pozare a reţelelor subterane folosind mira cu echer.

Pentru determinarea adâncimilor de aşezare a diverselor reţele subterane se utilizează instrumente de nivelment, mire de lemn divizate centimetric şi mire cu prelungitoare de lungime cunoscută (1...2 m). Se mai folosesc şi mire combinate cu echere de lemn sau metalice(fig.5.2). Acestc echere au la partea superioară, la o distanţă fixă de 1 sau 2 m, o placă metalică de fixare a mirei. Cu acest echer combinat cu mină se determină cotele jgheaburilor colectoarelor prin puţurile de sedimentare şi a conductelor în fiecare cămin(fig.5.3);

• cercetări şi măsurători pentru determinarea caracteristicilor constructive ale reţelelor subterane. Diametrele reţelelor subterane se determină prin vize efectuate cu instrumente de nivelment la mirele fixate pe plăcuţa metalică a echerului, care se aşează la marginea inferioară(fig.5.4 a) şi superioară (fig.5.4 b) a conductelor.

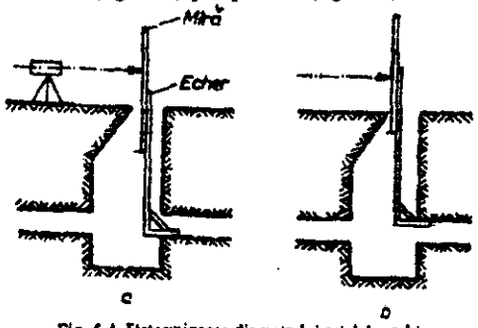


Fig. 5.4. Determinarea diametrului reţelelor subterane: a – echerul aşezat pe marginea inferioară a conductei; b – echerul aşezat pe marginea superioară a conductei.

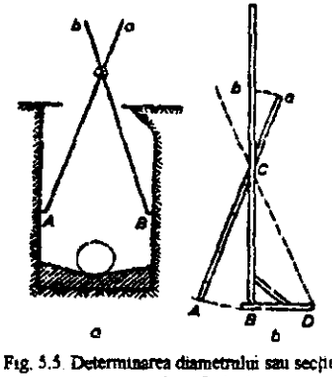


Fig. 5.5. Determinarea diametrului sau secţiuni transversale a căminelor: a – folosind compasul de reducţie; b – folosind rigle de lemn ataşate la echere.

Diametrele sau mărimile secţiunii transversale orizontale în puţuri sau cămine se determină, fără a coborî în ele, folosind un compas de reducţie din lemn (fig.5.5 a). Lungimea picioarelor compasului se află în raportul 1:2, adică $ab:AB=1:2$. La determinarea diametrelor se mai poate utiliza şi o riglă de lemn care se ataşează la un echer, transformându-l într-un compas de reducţie(fig.5.5 b). Pentru a obţine diametrul sau mărimea unei laturi, se măsoară cu o ruletă distanta *ab*, care se dublează şi i se adaugă mărimea constantă a catetei BD a echerului. Eroarea provocată de diferenţa dintre arcul şi coarda ABD este neglijabilă deoarece nu depăşeşte 0,01 m pentru cateta BD ≤0,60 m a echerului.

Mărimea $\overline{AD}$ din interiorul puţului va fi:

$$\overline{AD}=\overline{AB}+\overline{BD}=2ab+\overline{BD}$$

Adâncimile din căminele de canalizare pline de reziduuri în stare semifluidă se determină cu ajutorul unui baston de sondaj, metalic, colorat şi divizat în decimetri, de lungime maximă 5m. Adâncimea se măsoară până în partea superioară a capacului căminului. Adâncimea de pozare *h* a jgheaburilor tuburilor din căminele de umplere ale reţelei de canalizare se determină indirect cu bastonul de sondaj(fig.5. 6.).

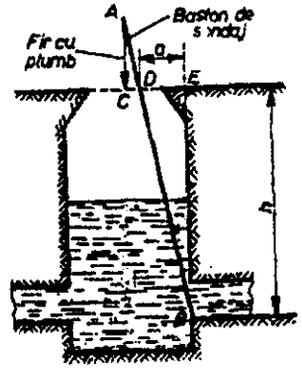


Fig. 5.6. Determinarea adâncimii căminelor de canalizare cu bastonul de sondaj.

Capătul inferior al bastonului trebuie să fie fixat, pe cât posibil, chiar pe marginea jgheabului tubului. Se măsoară pe baston distanţa înclinată $\overline{AD}$ până la nivelul marginii superioare a capacului şi prin scădere din lungimea bastonului $\overline{AB}$, se obţine distanţa înclinată $\overline{BD}=l$. Cu ajutorul unui fir cu plumb se determină poziţia punctului C şi se determină distanţa orizontală $\overline{CD}$. Toate măsurătorile se fac de două ori, iar în calcule se ia media celor două determinări, cu condiţia ca diferenţa între determinări să nu fie mai mare de +0,02 m. Din asemănarea triunghiurilor dreptunghice ACD şi DEB se determină mărimea segmentului $a=\overline{DE}$ şi adâncimea $h=\overline{EB}$ a jgheabului:

$$a=(\overline{CD}\cdot\overline{BD}):\overline{AD};$$

$$h=l-\Delta l=l-(a^2:2l),$$

în care:

$\Delta l=(a^2:2l)$ reprezintă corecţia de înclinare a bastonului de sondaj pe porţiunea $l=\overline{BD}$.

Sondajul terenului se foloseşte la întocmirea planurilor reţelelor tehnico-edilitare de pe teritoriul întreprinderilor industriale, unde lipseşte planul cu traseele existente. Pentru aceasta, se sapă tranşee transversale adânci, pe axul probabil, la intervale între ele de 50...100m.Este o metodă costisitoare, însă este singura metodă care asigură cu certitudine identificarea traseului reţelei.

Ridicarea cu detectoare electromagnetice se foloseşte pentru determinarea poziţiei în plan şi a adâncimii de pozare a conductelor metalice şi traseelor de cabluri din reţele tehnico-edilitare existente, care nu au capace de cămine sau ieşiri la suprafaţă şi nici documentaţie cu poziţia si adâncimea lor de pozare. Pe baza acestor măsurători se pot întocmi planuri şi profile ale traseelor reţelelor subterane. Detectorul se compune dintr-unu emiţător de unde de joasă frecvenţă (1000-2000Hz) cu antenă feritică, un receptor şi un baston cu bobină detectoare. Generatorul de unde se instalează în apropierea conductelor de fontă, oţel sau conductori electrici al căror traseu urmează a fi stabilit. Generatorul emite unde electromagnetice, care induc în conductele sau conductorii metalici un câmp magnetic. Operatorul poartă cu el receptorul şi casca la ureche, iar cu bastonul cu bobina detectoare urmăreşte traseul conductei căutate, astfel încât în casca operatorului să se obţină un sunet maxim. Punctul astfel determinat se înseamnă cu vopsea pe teren şi apoi se determină coordonatele lui prin metode topografice.

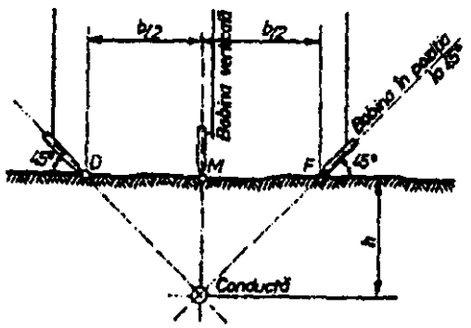


Fig. 5.7. Determinarea adâncimii conductelor cu detectorul electromagnetic.

Adâncimea *h* de pozare a conductei se determină prin aşezarea bobinei detectoare sub un unghi de 45^0 faţă de suprafaţa terenului (fig.5.7.).Bastonul cu bobina detectoare se deplasează lateral faţă de traseul stabilit al conductei subterane, de exemplu punctul M, până când semnalul sonor din cască devine minim. Se marchează pe teren punctele găsite D şi F şi se măsoară distanţa *b* dintre ele. Adâncimea de pozare *h* a conductei este:

$$h=\frac{b}{2}\cdot tg45^0=\frac{b}{2}.$$

După datele din practică, în condiţii favorabile (fără paraziţi puternici), eroarea medie pătratică de poziţie în plan a axelor conductelor şi cablurilor este ±10...15cm.Adâncimea de pozare

a acestora, până la 1...2 m se determină aproximativ cu aceeaşi precizie. La o adâncime mai mare, creşte mărimea erorii până la 1/10 din valoarea adâncimii *h*.

Pe căile de acces la instalaţiile industriale şi la substaţii(transformatori electrici etc.),unde în canale izolate sunt concentrate un număr mai mare de trasee de cabluri si conducte tehnologice, detectorul electromagnetic se poate utiliza numai pentru a determina fâşia cu traseele conductelor, dar nu şi poziţia fiecărui traseu.

Ca rezultat al ridicării de execuţie a reţelelor tehnico-edilitare se întocmesc planuri topografice la scara de 1:500 cu situaţia existentă, profile şi secţiuni la scări mai mari.

În cazul în care sunt puţine completări de adus planurilor cu reţelele tehnico-edilitare, se vor *actualiza* planurile *topografice* existente la scările 1:100,1:500 sau 1:200.

5.2 LUCRĂRI TOPOGRAFICE LA TRASARE

Lucrările topografice pentru aplicarea pe teren a proiectelor de construcţii constau în:

- Pregătirea topografică a proiectului în vederea aplicării lui pe teren;
- Trasarea pe teren a axelor principale, secundare etc., cât şi a punctelor din proiect, însoţind procesul de execuţie până la predarea ei beneficiarului;

Ca rezultat al pregătirii topografice se obţine planul general de trasare prezentat în figura 5.8.

Documentaţia tehnică necesară întocmirii planului general de trasare se compune din piesele definitive ale proiectului de execuţie şi documentaţia topografică de bază folosită la elaborarea proiectului de construcţie.

5.2.1 ALEGEREA REŢELEI DE TRASARE

Baza topografico-geodezică(reţeaua de sprijin) a lucrărilor de trasare trebuie să fie alcătuită cu o astfel de precizie încât să garanteze transpunerea pe teren a proiectului de construcţie cu precizia cerută la trasare.

În general, punctele reţelei de trasare se determină cu o precizie ridicată. Toleranţele admise la aplicarea reţelelor de trasare, în plan orizontal şi în plan vertical, sunt conform tabelului 5.1. Pentru lungimi intermediare, toleranţele se stabilesc prin interpolare. Toleranţele prevăzute în tabelul 5.1. se majorează în funcţie de panta terenului cu sporurile prevăzute în tabelul 5.2.

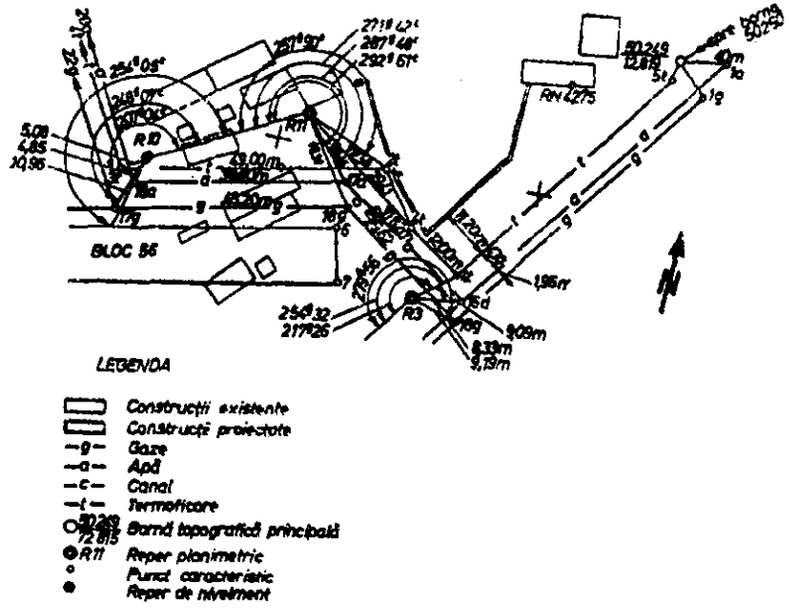


Fig. 5.8. Plan de trasare a reţelelor subterane

Toleranţe admise la aplicarea reţelelor de trasare

Tabelul 5.1.

Distanţa dintre reperul de bază şi reperul aplicat pe teren în m		≤25	50	100	150	200	≥250
Toleranţe (cm)	în plan orizontal	1	2	3	4	5	6
	în plan vertical	1	1	1	2	2	3

Procente de creştere a toleranţelor la aplicarea reţelelor de trasare în funcţie de panta terenului

Tabelul 5.2.

Panta terenului (grade)	p≤3	3<p≤10	10<p≤15	p>15
Sporul de pantă%	zero	25	50	100

Trasarea axelor principale ale construcţiilor se efectuează fie de la reţeaua de ridicare, fie de la reţeaua de trasare de diferite tipuri, amplasată convenabil; în principiu, alcătuirea reţelelor de trasare se face astfel:

- în cazul instalaţiilor diverse, cu construcţii independente(prize de apă, bazine decantoare, rezervoare de suprafaţă şi subterane, instalaţii de filtrare, instalaţii de epurare etc.) şi traseelor reţelelor de conducte, canale şi cabluri, trasarea se face de la reţeaua de ridicare; se trasează axele principale ale construcţiei, faţă de care se execută mai departe trasarea în detaliu;
- în cazul construcţiilor întinse(centrale electrice de termoficare) se construieşte o reţea de trasare independentă, care se poate lega de reţeaua punctelor de sprijin de la ridicare, în timpul lucrărilor de trasare.

5.2.2 TRASAREA ÎN PLAN ŞI ÎN ÎNĂLŢIME

Trasarea planimetrică în detaliu a construcţiilor se execută aplicând mai întâi axele principale ale construcţiilor. Ac ste axe marchează pe teren forma geometrică a fiecărei clădiri şi se trasează din punctele reţelei de trasare prin metoda intersecţiei unghiulare înainte, metoda coordonatelor polare sau metoda coordonatelor rectangulare, când trasarea se face în funcţie de reţeaua de construcţii.

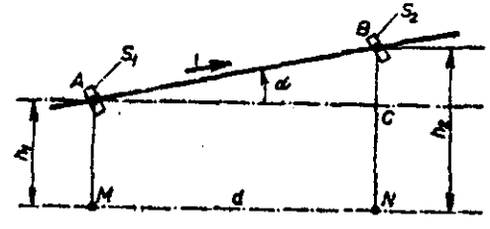


Fig. 5.9. Trasarea pe zidul unei construcţii a unei linii de panta dată.

Punctele construcţiilor se trasează din punctele reţelei de trasare şi faţă de axele construcţiilor trasate în prealabil, utilizându-se metoda coordonatelor rectangulare şi polare, metoda intersecţiei liniare şi metoda intersecţiei reperate.

Trasarea în înălţime a construcţiilor constă în aplicarea pe teren a unor puncte de cotă dată, trasarea unor linii de pantă dată, trasarea în timpul execuţiei a unor linii de pantă dată pe zidul construcţiei, transmiterea unei cote la un punct de pe construcţie sau în fundaţie şi determinarea înălţimii construcţiilor.

Trasarea pe construcţie a unei linii de pantă dată se face ca în figura 5.9:

Se bate pe perete o scoabă S_1 cu o crestătură A. Punctul A este trasat la înălţimea din proiect: se fixează punctul zero al unei rulete în punctul A şi, întinsă cu o greutate se coboară pe perete verticala ce trece prin punctul A ;se aşează la 10 . 20 m de zid un instrument de nivelment şi se

fixează pe perete punctul M, a cărui cotă corespunde altitudinii planului de vizare ce trece prin axa de vizare a lunetei instrumentului; se roteşte apoi luneta în plan orizontal marcând pe perete punctul N, astfel încât MN– d ;se măsoară cu ruleta distanţa AM–h_1,din punctul N se ridică cu ruleta în sens vertical(ruleta este atârnată de perete şi întinsă cu o greutate)distanţa NB=h_2=h_1+$d$tgα. Valoarea $d$tgα se calculează în funcţie de distanţa orizontală între capetele liniei şi în funcţie de panta liniei AB. În dreptul punctului B se bate scoaba S_2 pe care se crestează punctul B.

Verificarea trasării se face prin executarea cu instrumentul de nivelment a citirilor C_M şi C_N pe ruletele atârnate cu punctele zero în A şi B şi măsurarea ipotenuzei AB. Din diferenţa citirilor pe rulete, C_M şi C_N se obţine mărimea catetei CB. Cu aceste elemente se recalculează unghiul α de înclinare a liniei AB.

Dacă scoabele S_1 şi S_2 sunt aşezate până la 2 m una de alta, trasarea axei înclinate AB se execută cu un şablon(triunghi dreptunghic din lemn construit pentru unghiul α),care se aşează pe perete, având o catetă orizontală cu o nivelă independentă.

5.2.3 TRASAREA REŢELELOR TEHNICO-EDILITARE

Lucrările topografice legate de execuţia reţelelor tehnico-edilitare se desfăşoară în următoarea ordine:

- aplicarea pe teren cu ţăruşi a punctelor caracteristice ale traseului reţelei(vârfurile, inclusiv punctele de frângere şi de capăt);aceste puncte se vor trasa prin metoda coordonatelor polare sau metoda drumuirii de la reţeaua de bază conform planului de trasare;
- pichetarea axei reţelei între punctele caracteristice prin ţăruşi amplasaţi la distanţa de 5...10 m. În acelaşi timp se fixează cu ţăruşi şi limitele şanţului. De asemenea, pe traseu se materializează prin ţăruşi, conform planului de trasare şi centrele căminelor de vizitare;
- verificarea trasării în plan a axelor din proiectul de execuţie;
- executarea nivelmentului geometric longitudinal şi transversal al terenului pe axa săpăturilor, în vederea întocmirii profilelor longitudinale şi transversale în planşele de execuţie. Aceste lucrări se execută în scopul stabilirii cotei reale a terenului în lungul axei la data săpăturii;
- aplicarea pe teren a profilului de execuţie şi a fundului şanţului;
- trasarea punctelor de schimbare de pantă a canalelor şi conductelor cu scurgere liberă;
- urmărirea execuţiei săpăturilor până la cotele din proiect şi pozarea conductelor folosind teurile.

Toleranţele la trasarea reţelelor sunt următoarele:

- în plan, eroarea relativă de poziţie este: 1:2000;
- în înălţime: ±3...5 mm la cotele trasate, iar pentru conducte sub presiune ±1 cm eroarea maximă la trasarea cotei.

5.2.4 TRASAREA CONDUCTELOR DE SUPRAFAŢĂ

Lucrarea începe prin trasarea axelor, făcând schiţe ca în figura 5.10 şi marcând pe schiţă poziţiile stâlpilor şi dimensiunile fundaţiilor. Pe teren, în dreptul stâlpilor se fac împrejmuiri mici pe care se transmit axele fundaţiei. Trasarea fundaţiei stâlpului de susţinere a conductei se face de pe împrejmuirea mică. După turnarea betonului este obligatorie determinarea cotelor de execuţie a fundaţiei , în plan şi în înălţime.

Trasarea în înălţime la marginea superioară a traversei stâlpului se face prin nivelment geometric ca în figura 5.11.

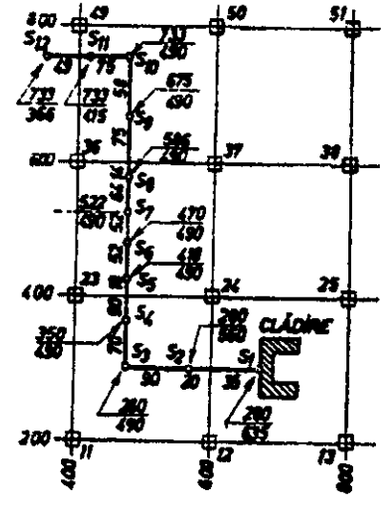


Fig. 5.10. Schiţa de trasare a stâlpilor conductelor de suprafaţă.
S – stâlp de susţinere: □ - punct reţea construcţie;
$\frac{\uparrow 280}{490}$ - coordonatele rectangulare în sistemul local al reţelei topografice de construcţie.

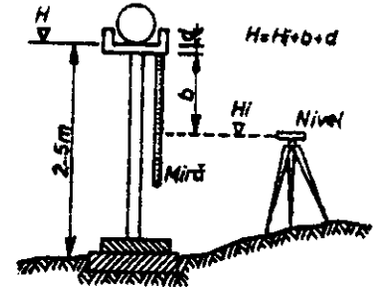


Fig. 5. 11. Trasarea marginii superioare a traversei stâlpului de susţinere a conductei.

5.2.5. TRASAREA ŞANŢURILOR REŢELELOR

Şanţurile reţelelor tehnice au următoarele caracteristici: au o lungime foarte mare dar o lăţime foarte mică, pereţii sunt verticali sau foarte înclinaţi, pantele proiectate în lungul axei sunt în general mici.

Înălţimea fundului şanţului se trasează prin nivelment geometric şi cu teurile de nivelment. Trasarea prin nivelment geometric se face ca şi la trasarea unei linii de pantă dată, punctele principale care se fixează fiind centrele căminelor şi punctele aflate la distanţe de maxim 100 m(puncte principale). Trasarea punctelor intermediare se face folosind teurile de lucru.

Trasarea fundului şanţului conform pantei date *i* se face cu dulapi de sprijin fixaţi în punctele principale(fig.5.12), aflate pe axa longitudinală a şanţului.

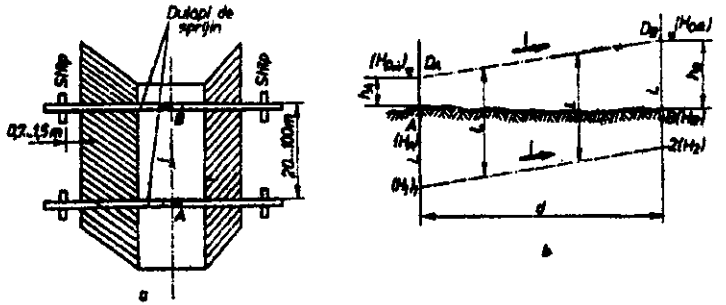


Fig. 5.12. Fixarea dulapilor de sprijin în punctele principale:
a – plan; b – secţiune longitudinală.

Trasarea liniei de pantă *i* între punctele A şi B se face cu dulapii de sprijin D_A şi D_B, instalaţi în dreptul acestor puncte, iar verificarea fundului şanţului executat conform pantei date *i* se efectuează cu ajutorul teurilor de lucru cu coadă lungă(fig.5.13).

Lungimea *L* a teului de lucru se determină astfel încât trasarea şi verificarea să se poată efectua comod de la suprafaţa terenului.

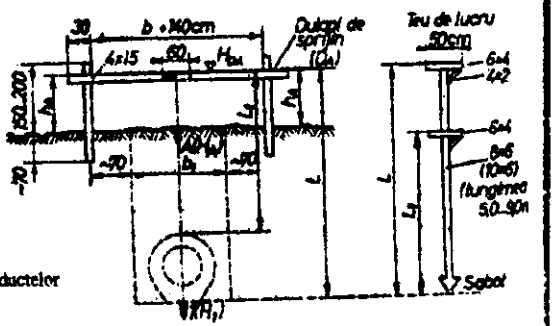


Fig. 5.13. Trasarea fundului şanţurilor conductelor (secţiune transversală)

Dulapii de sprijin D_A şi D_B se aşează în poziţie orizontală la înălţimile h_A, respectiv h_B faţă de teren (fig.5.12 b), aplicate cu ruleta şi calculate conform pantei date, cu relaţiile :

$$h_A=H_{DA}-H_A;\ h_B=H_{DB}-H_B$$

în care :

$$H_{DA}=H_1+L \text{ şi } H_{DB}=H_2+L$$

reprezintă cotele la marginea superioară a dulapilor de sprijin în punctele A şi B;

H_A şi H_B sunt cotele terenului în dreptul punctelor 1 şi 2 în axul şanţului, ce se citesc de pe planşa profilului longitudinal ;

H_1 şi H_2 sunt cotele proiectate ale fundului şanţului în punctele 1 şi 2 luate din planşa profilului longitudinal;

Executarea şanţului la cotele proiectate se consideră terminată când pe porţiunea dintre două puncte vecine muchia superioară a teului de lucru se găseşte pe linia de vizare D_A –D_B(de pantă dată *i*).

Controlul trasării se face prin determinarea cotelor fundului şanţului în punctele principale 1 şi 2, prin nivelment geometric, de la reperele de construcţie aflate la suprafaţa terenului şi compararea lor cu cotele H_1 şi H_2 din planşa profilului longitudinal. Aceste cote nu trebuie să difere între ele cu mai mult de ±2 cm.

Trasarea în timpul execuţiei fundaţiei de beton conform pantei date *i* pentru montarea tuburilor din elemente prefabricate se face prin nivelment geometric tehnic, cu ţăruşi bătuţi la cota din proiect. Verificarea montajului tuburilor din elemente prefabricate conform pantei date *i* se efectuează la fel ca la trasarea fundului şanţului, cu dulapi de sprijin şi teuri cu coadă lungă aşezaţi în rigola canalului.

CAPITOLUL 6

LUCRĂRI TOPOGRAFICE PENTRU ORGANIZAREA ŞI AMENAJAREA TERITORIULUI

6.1. TRASAREA ALINIAMENTELOR ŞI UNGHIURILOR

Pentru aplicarea pe teren a lucrărilor de îmbunătăţiri funciare, lucrărilor de organizarea teritoriului, de înfiinţarea plantaţiilor de pomi şi vie, este necesară determinarea poziţiei planimetrice a lucrărilor, care este definită prin trasee şi amplasamente. Aceste elemente sunt luate din proiectul de execuţie; ele se bazează pe aliniamente şi unghiuri. Trasarea aliniamentelor şi unghiurilor se execută prin metode planimetrice .

Trasarea aliniamentelor şi unghiurilor necesită determinarea pe planul de execuţie a următoarelor elemente: lungimea aliniamentelor, orientările lor sau unghiurile dintre aliniamente.

6.1.1.DETERMINAREA ELEMENTELOR DE TRASARE

- ***Aliniamentele*** formează axele lucrărilor de organizare şi amenajare a teritoriului. Determinarea lungimilor şi unghiurilor de pe planul de execuţie se face în raport de precizia care se cere şi de lungimea aliniamentului. Pentru aliniamente mici, elementele liniare şi unghiulare se determină pe plan, măsurând distanţele cu rigla, distanţierul iar orientările cu raportorul. Pentru precizie mare, lungimile şi orientările se determină din coordonatele rectangulare ale capetelor aliniamentelor.
- ***Determinarea coordonatelor rectangulare pe planul de execuţie.***

Coordonatele rectangulare se determină în raport cu caroiajul rectangular care poate fi trasat pe planul de execuţie al lucrărilor de amenajarea teritoriului dacă nu este trasat.

Planul are caroiaj rectangular. Când caroiajul rectangular este trasat pe plan, coordonatele rectangulare ale unui punct *P*, se determină astfel (fig. 6.1.): se citesc coordonatele colțului *A*, din stânga jos al caroului în care se află punctul X_A = 4 700; Y_A = 3 200. De la A se măsoară, pe axa X-lor, distanța A_x = 0,006 iar, pe axa Y-lor, distanța A_y = 0,008. Valorile obținute A_x și A_y se transformă la scara planului (1:10 000) și rezultă:

$A_x = 0{,}006 \cdot 10\,000 = 60$ m, iar $A_y = 0{,}008$ 10 000 = 80 m

iar coordonatele rectangulare ale punctului P au valorile:

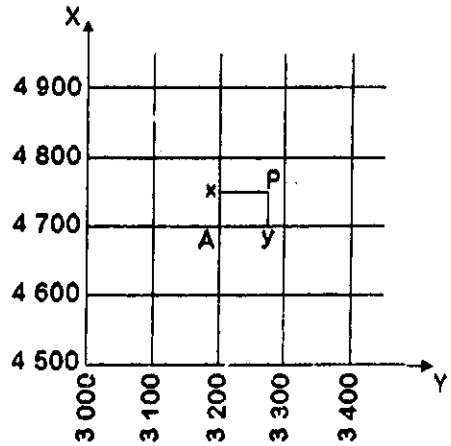


Fig. 6.1. Determinarea coordonatelor rectangulare pe plan.

$X_P = 4\,700 + 60 = 4\,760$ și $Y_P = 3\,200 + 80 = 3\,280$

Planul nu are caroiaj rectangular. Dacă pe planul de execuție al lucrării, nu există caroiaj rectangular, acesta se poate trasa în raport de direcția nordului de pe plan. Se realizează prin paralele și perpendiculare pe direcția nordului, trasate din km în km la scara planului, rezultând în acest fel o rețea kilometrică independentă. Pentru a se evita valorile negative ale coordonatelor rectangulare, se alege originea axelor de coordonate, la intersecția a două linii perpendiculare, în partea de jos și în stânga planului, în așa fel ca toate capetele aliniamentelor, ale căror coordonate trebuie determinate, să se afle în cadranul *I*. Caroiajul fiind trasat, se determină pe plan coordonatele rectangulare ale capetelor aliniamentelor, elementele necesare calculării lungimilor și orientările lor.

Corectarea elementelor liniare măsurate pe plan. Precizia determinării elementelor liniare pe plan este influențată de deformarea hârtiei (dată de umiditate, temperatura mediului, de modul de păstrare etc); deformarea influențează lungimile și unghiurile, care trebuie astfel corectate mai ales că la transpunerea pe plan, precizia grafică este de 0,2 mm – după scara planului sau hărții.

Eroarea datorată deformării hârtiei planului, este egală cu diferența între valoarea unei distanțe de pe plan (determinată fie din coordonate, fie prin măsurare pe teren orizontal) și valoarea aceleiași distanțe măsurată pe plan. Diferența nu trebuie să depășească toleranța (T), dată de formula:

$$T = \pm 0{,}16\sqrt{n+1}$$

în care *n* este numărul aliniamentelor ce alcătuiesc distanța de pe plan.

Pentru a afla lungimea reală a unei distanțe de pe plan, se adaugă la valoarea obținută de pe plan (L), produsul (L·q) în care q este coeficientul de deformare al hârtiei, dat de formula:

$$q = \frac{L_0 - L}{L_0}$$

în care:

L_0 este lungimea calculată din coordonate sau prin măsurarea acesteia pe teren.

Lungimile și orientările aliniamentelor, se calculează cu formulele:

- pentru distanțe, $d = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}$;
- pentru orientări, $tg\theta = \frac{\Delta y}{\Delta x}$ sau $ctg\theta = \frac{\Delta x}{\Delta y}$.

Orientările și lungimile aliniamentelor se aplică pe teren cu instrumentele clasice: panglica topografică, tahimetrul și teodolitul, sau cu instrumentele moderne, cum este stația totală, pornind de la puncte cunoscute pe plan și în teren.

6.1.2. METODE PLANIMETRICE PENTRU TRASARE

Amplasamentele lucrărilor de îmbunătățiri funciare se trasează prin metode planimetrice: metoda punctelor pe aliniament, metoda absciselor și ordonatelor, metoda radierii, metoda drumuirii și metoda intersecției.

- ***Metoda punctelor pe aliniament.*** Se determină pe teren capetele axelor (digului, canalelor etc.). Se întinde panglica de la un capăt, pe aliniamentul corespunzător de pe ax (care se jalonează), și se marchează punctele unde se vor amplasa construcții (podețe, stăvilare, vane etc.) sau punctele în care se va executa gabaritarea lucrărilor transversale.
- ***Metoda absciselor și ordonatelor.*** Se folosește pentru trasarea profilelor transversale în scopul gabaritării canalelor, drumurilor etc. și pentru amplasarea construcțiilor hidrotehnice, de o parte și de alta a aliniamentelor. Se marchează punctele pe aliniament din care se ridică perpendiculare, cu echerul, cu teodolitul sau cu nivele care au cerc orizontal, de o parte și de alta, iar cu panglica se măsoară distanțele pentru gabaritare sau pentru construcția ce se va executa.
- ***Metoda radierii.*** Se calculează din coordonate orientarea dintre punctele de stație și cel pe care se orientează aparatul. Se staționează cu aparatul în punctul de stație; se execută orientarea pe direcția calculată; se rotește alidada până se înregistrează unghiul dintre direcția cunoscută cu direcția la punctul ce trebuie transpus de pe plan pe teren. Pe această direcție, pe teren orizontal se

măsoară distanța determinată grafic pe plan sau calculată din coordonatele rectangulare dintre punctul de stație și punctul de aplicat pe teren. La extremitatea distanței se marchează punctul cu un pichet.

Pentru terenul înclinat (fig. 6.2.), se calculează distanța din teren (D), din formula distanței redusă la orizont (d_0), cu ajutorul relației:

$$D = \frac{d_0}{\cos\alpha}$$

în care:

α este unghiul de pantă. Cunoscând unghiul de pantă (α), se dirijează luneta pe direcția punctului de aplicat, se înregistrează la cercul vertical și se măsoară pe teren distanța D. Distanța (D) se mai poate calcula și din formula:

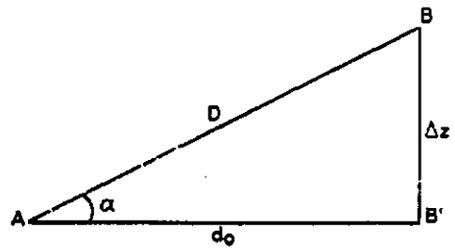


Fig. 6.2. Calculul distanței înclinate

$$D = \sqrt{d_0^2 + \Delta z^2}.$$

în care:

d_0 este distanța redusă la orizont iar

Δz – diferența de nivel între punctul de stație A și punctul de aplicat B.

Controlul în teren a lucrării constă în intersecții de vize din alte puncte de stație.

- ***Metoda drumuirii.*** Metoda drumuirii se aplică pentru trasarea axelor, canalelor drumurilor, digurilor, a solelor etc. Pentru aplicarea lucrării, se aleg pe plan și pe teren, cel puțin două puncte de sprijin, cu vizibilitate de la unul la altul și amplasate în apropierea capetelor extreme ale lucrării care se trasează. Se calculează pe plan, sau din coordonate rectangulare, distanțele și orientările de la punctele alese la capetele extreme și a aliniamentelor de pe axe. Aplicarea pe teren a distanțelor se face cu panglica prin metoda dus și întors, iar unghiurile cu tahimetre și teodolite.

6.2. TRASAREA PANTEI UNEI AXE

În lucrările de îmbunătățiri funciare (irigații, desecări, combaterea eroziunii solului) cât și în cele de organizarea teritoriului, trasarea pantei unei axe, se execută prin nivelment geometric, nivelment trigonometric sau cu mijloace improvizate – teuri.

6.2.1. PRIN NIVELMENT GEOMETRIC

Lucrarea constă în a găsi pe teren, cotele punctelor succesive, de pe axa respectivă încât unind punctele determinate să rezulte axa cu panta proiectată. Considerăm axa unui canal AB cu panta I = 1‰ în care punctul A se află la cota corespunzătoare fundului canalului (fig. 6.3). Trasarea comportă următoarele operații: pichetarea axei canalului AB din 20, 25, 50 m, cu picheți care se înfing fără a se bate; se staționează cu nivelul pe axa canalului, astfel ca porteele să nu depășească 100 m, iar citirile să se poată efectua pe mină; se face stație între punctele 2 și 3 (distanța între puncte 20 m); se citește mira așezată în punctul A; se determină citirile pe mină așezată succesiv în punctele 1, 2, 3, 4 adunând la citirea pe mină din punctul A, diferența de nivel, corespunzătoare pantei dintre punctul A și fiecare punct de pe axă. Distanțele între puncte fiind d_{A-1} = 20 m; d_{A-2} =40 m; d_{A-3} = 60 m; d_{A-4}= 80 m.

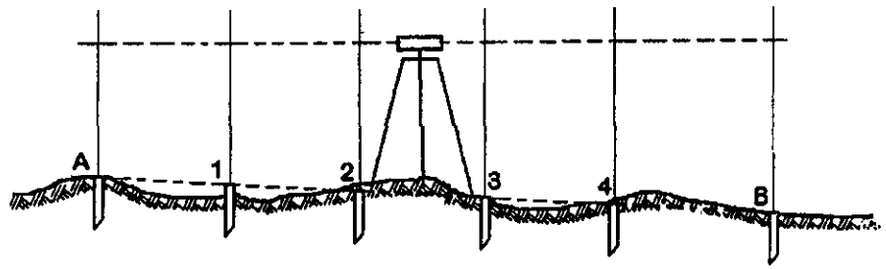


Fig. 6.3. Trasarea pantei cu nivelul.

Se calculează diferența de nivel corespunzătoare pantei I = 1‰, pentru fiecare punct, astfel:

$$\Delta Z_{A-1} = 0{,}001 \cdot 20 = 0{,}020 \text{ m}$$
$$\Delta Z_{A-2} = 0{,}001 \cdot 40 = 0{,}040 \text{ m} = 2\Delta Z_{A-1}$$

$$\Delta Z_{A-4} = 0{,}001 \cdot 80 \text{ m} = 4\Delta Z_{A-1}$$

Considerăm citirea pe mină în punctul A = 1 250 m; citirile pe mină ce se vor obţine pe mira aşezată în punctele 1, 2...4, corespunzătoare pantei date au valorile:

(1) = 1 250 + 0,020 = 1 270;

(2) = 2 = 1 250 + 0,040 = 1 290 iar

(4) = 1 250 + 0,080 = 1350.

Picheţii din punctele 1, 2, 3, 4 se vor bate în sol sau se ridică până se obţin pe mină citirile calculate.

În cazul când luăm, din proiectul de execuţie, cotele de pe fundul canalului, diferenţele de nivel se vor calcula din aceste cote, iar operaţiile de teren vor fi cele menţionate mai sus.

6.2.2. PRIN NIVELMENT TRIGONOMETRIC

În cadrul lucrărilor de combatere a eroziunii solului, se trasează prin nivelment trigonometric. Având de trasat pe teren înclinat, axa AB a unui canal cu panta I = 15,20%, se transformă panta din procente, în grade, cu formula $I = tg\alpha = \frac{15{,}20}{100} = 0{,}152$, care corespunde unghiului $\alpha = 9^g60^c31^{cc}$. Se

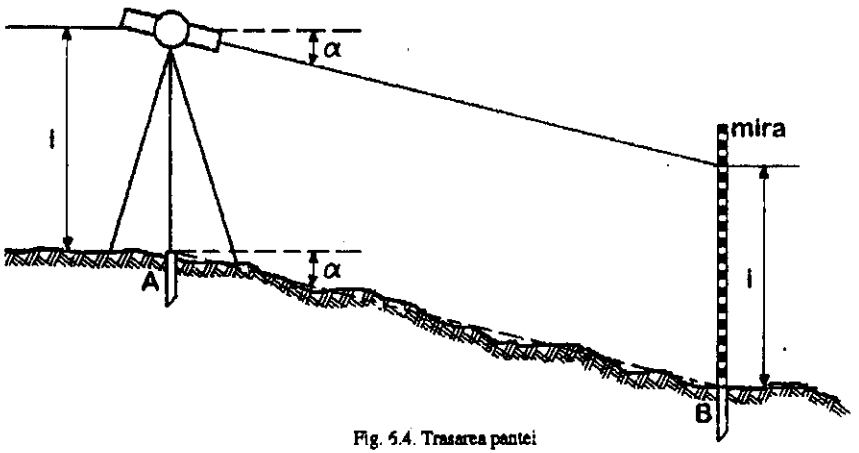


Fig. 6.4. Trasarea pantei

staţionează cu teodolitul A (fig. 6.4), aflat la cota corespunzătoare fundului canalului; se măsoară înălţimea aparatului (i), se introduce unghiul la cercul vertical, şi se blochează luneta. Se îndreaptă aparatul spre punctul B, aflat pe aliniament; se aşează mira în B şi se citeşte pe mină înălţimea

aparatului. Pe distanţa între A şi B se vor aşeza picheţi la 20, 25 m pe care se va aşeza mira. Picheţii se vor ridica sau se vor bate până ce axa de vizare a lunetei intersectează mira la înălţimea aparatului.

6.2.3. CU AJUTORUL TEURILOR

În cazul când se determină numai câteva puncte pe aliniament, celelalte puncte se pot realiza cu ajutorul teurilor (fig. 6.5), astfel: se fixează teurile în punctele A şi B la cota stabilită faţă de care cu un al treilea teu se picheteză punctele 2, 3, 4.....

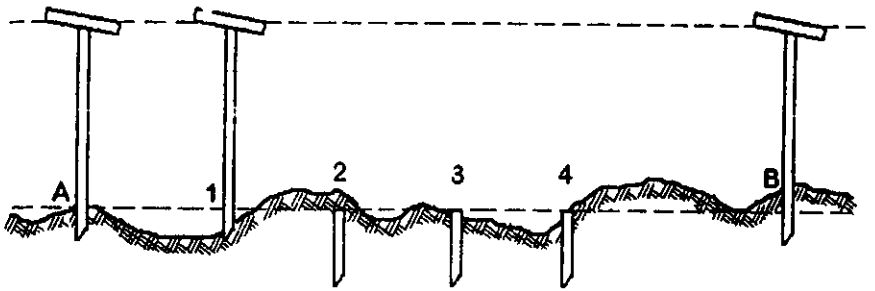


Fig. 6.5. Trasarea pantei unei axe cu ajutorul teurilor.

6.3. TRASAREA PE TEREN A CURBEI DE NIVEL *

Pentru aplicarea pe teren a lucrărilor de îmbunătăţiri funciare (irigaţii, desecări, combaterea eroziunii solului), a plantaţiilor de viţă de vie şi pomi, a valurilor de pământ şi de organizarea teritoriului, este necesar să se traseze pe teren curbele de nivel, în funcţie de care se vor amplasa aceste lucrări. Trasarea pe teren a curbei de nivel se execută cu nivelul şi cu mira sau cu instrumente simple: compasul cu fir cu plumb, lata şi bolobocul, planşeta şi cu mira etc.

6.3.1. CU NIVELUL ŞI MIRA

Pe direcţia aproximativă a curbei de nivel se alege punctul A, care reprezintă cota curbei, punct care se materializează cu un pichet (fig. 6.6.a). Se staţionează cu nivelul pe direcţia aproximativă a curbei şi se vizează pe mira aşezată pe pichetul din punctul A, obţinând, de exemplu citirea 1 352. Ajutorul, care poarta mira, se deplasează în direcţia curbei de nivel şi la fiecare 15 – 20 şi paşi aşează succesiv mira pe pământ după indicaţiile operatorului, până ce acesta citeşte pe mină 1 352, adică valoarea citită pe pichetul din punctul A. Punctele determinate din această staţie, se marchează cu picheţi sau jaloane care se înfing provizoriu în pământ cu excepţia pichetului A_3, care se bate la nivelul pământului, pentru transmiterea cotei în staţia următoare. În a doua staţie se citeşte pe mină din punctul A_3 şi cu citirea obţinută se determină alte puncte ale curbei, care se marchează cu picheţi ca şi în prima staţie. Se procedează din aproape în aproape până se materializează traseul curbei de nivel corespunzător lucrării ce se trasează în teren.

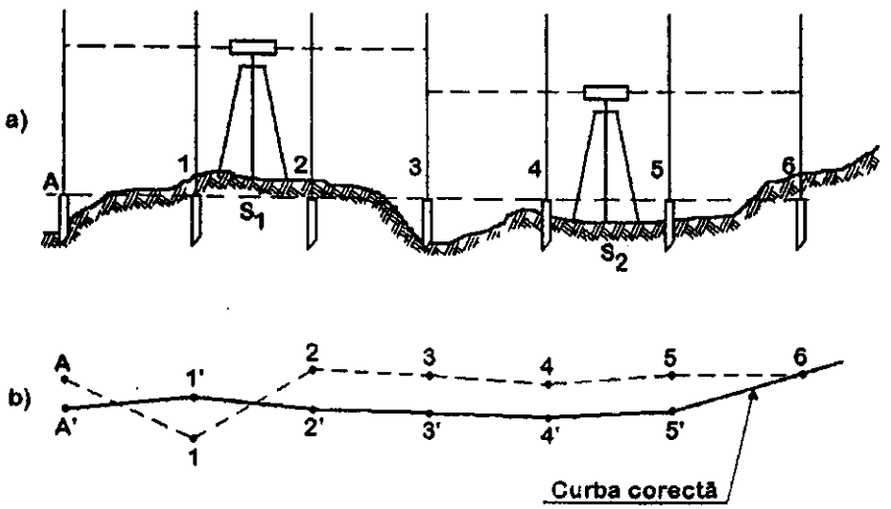


Fig. 6.6. Trasarea curbei de nivel în teren cu nivelul şi mira.

Deoarece curba de nivel trasată prezintă sinuozităţi (fig.6.6.b), este necesară corectarea ei pentru a se obţine un traseu cât mai rectiliniu, cu ajutorul jaloanelor ce au fost plantate în teren fără ca abaterea să depăşească 3 – 4 %.

6.3.2. CU COMPASUL CU FIR CU PLUMB

Se aşează un picior al compasului pe pichetul din A, iar celălalt pe teren, mutându-l până ce firul cu plumb vine în dreptul reperului de la mijlocul traversei (fig.6.7). Se roteşte compasul în jurul piciorului de pe teren şi se procedează la fel cu piciorul care a fost pe pichet. Se procedează la fel marcând traseul curbei cu picheţi sau jaloane, corectând-o astfel ca abaterea să nu depăşească 3 – 4%.

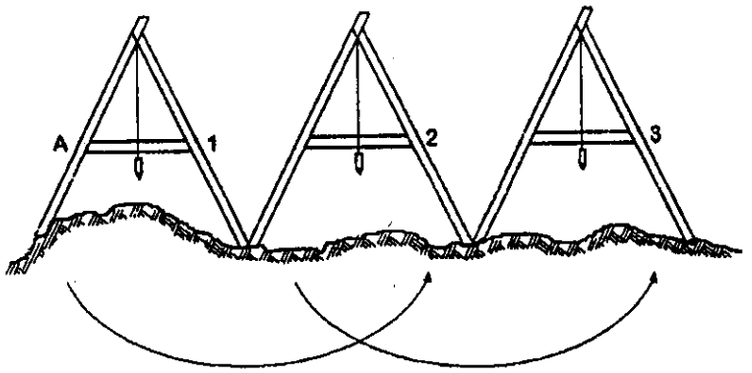


Fig. 6.7. Trasarea pe teren a unei curbe de nivel cu Compasul cu fir cu plumb.

6.4. TRASAREA LUCRĂRILOR DE ÎMBUNĂTĂŢIRI FUNCIARE

Lucrările topografice de trasare pe teren trebuie pregătite din punct de vedere topografic prin următoarele operaţiuni:

- studiul amănunţit al proiectelor de execuţie, a metodelor şi instrumentelor necesare trasării.
- determinarea din proiecte, a punctelor şi a elementelor ce le determină – distanţe şi unghiuri.
- întocmirea unui plan general de trasare, indicând ordinea de trasare, metodele, instrumentele, formaţiile de lucru şi termenele de predare.

Trasarea pe teren se realizează în două etape. În prima etapă se trasează axele principale şi secundare iar în a doua etapă lucrările de detaliu.

6.4.1. TRASAREA LUCRĂRILOR DE IRIGAȚII

Sistemele de irigații constau din următoarele lucrări principale: lucrări pentru captarea apei din sursă, lucrări pentru aducțiunea apei pe suprafețele amenajate, lucrări pentru distribuirea apei și aplicarea udărilor, lucrări de colectare și evacuare a apei de irigație în surplus (din canale sau din precipitații), lucrări care asigură buna exploatare a sistemului de irigație.

Trasarea canalelor de irigație se realizează în două faze. În prima fază se trasează axele canalelor de aducțiune, axele canalelor principale și axele canalelor din rețeaua interioară. În faza a doua se realizează trasarea detaliată a lucrărilor. De pe planul de execuție, se determină coordonatele rectangulare ale capetelor canalelor, ale ramificațiilor, precum și ale curbelor de racordare, a construcțiilor hidrotehnice, se calculează lungimile și orientările aliniamentelor stabilite.

Canalele se amplasează și trasează prin metode planimetrice (intersecții, drumuiri, radieri etc.) marcând și semnalizând vârfurile unghiurilor prin balize și pari înalți iar axele prin picheți. După materializare se trasează curbele de racordare a aliniamentelor; se ridică nivelitic zona canalelor, întocmindu-se fișele de gabaritaj. Deoarece picheții de pe axele canalelor se distrug de mașinile terasiere, se plasează lateral, la distanțe față de axe, repere care permit reconstituirea punctelor, atât în timpul execuției cât și la recepționarea lucrărilor.

Pentru pozarea conductelor îngropate se execută lucrări topografice privind determinarea traseului fiecărei conducte, ridicarea nivelitică a terenului de pe trasee și determinarea adâncimii de pozare. Elementele (cote, coordonate și orientări) determinate pe planul de execuție, se materializează pe teren prin metode planimetrice (intersecții, drumuiri, ridicări etc.) cât și nivelitice. Este necesară nivelarea traseului conductelor pentru a permite utilajelor să realizeze șanțuri cu aceeași adâncime și pantă.

Pentru construcțiile hidrotehnice (stăvilare, podețe, etc.) pe canale, se determină planimetric poziția lor, marcându-se prin picheți, iar în timpul execuției se vor marca cotele de execuție.

6.4.2. TRASAREA LUCRĂRILOR DE DESECARE

Pe planul de execuție se determină coordonatele rectangulare ale capetelor aliniamentelor care formează canalul principal de evacuare, axele acestuia, ale punctelor unde se varsă canalele secundare de evacuare, axele acestora, prin distanțe, puncte de vărsare a canalelor terțiare sau șanțurilor de evacuare. Acestea se determină, măsurând cu raportorul unghiurile dintre aliniamente.

În trasarea pe teren, se vor executa aceleași lucrări topografice ca la lucrările de irigații.

6.4.3. TRASAREA LUCRĂRILOR DE COMBATERE A EROZIUNII SOLULUI

De pe planul de execuție, se determină coordonatele rectangulare ale capetelor și axul debușeelor (canale de descărcare a apelor în emisarul principal) precum și coordonatele capetelor și axele canalelor înclinate și orizontale.

Pe axele debușeelor se determină căderile trasându-se panta și se gabaritează profilele transversale. Se gabaritează și profilele transversale ale canalelor înclinate și a celor orizontale.

Pentru trasarea valurilor de pământ, orizontale sau înclinate, se determină pe teren, conform planului de situație, zonele sau sectoarele corespunzătoare categoriilor de pantă. Se trasează în teren valul de bază (care corespunde în teren curbei de nivel cheie corectate) apoi și celelalte valuri în amonte și aval, la distanțele prevăzute în proiectul de execuție. Curba de nivel cheie este curba de nivel corectată și corespunde jumătății versantului.

6.4.4. GABARITAREA RAMBLEULUI ȘI DEBLEULUI

Gabaritarea rambleului și debleului constă în marcarea și semnalizarea profilelor transversale ale lucrărilor care se execută în rambleu sau debleu. Gabaritarea este operația necesară pentru execuția lucrărilor de îmbunătățiri funciare (canale, diguri) la dimensiunile din proiectul de execuție. Pe baza elementelor luate din profilurile longitudinale și transversale sau din fișele de gabaritaj, se aplică pe teren, marcându-se cu gabariți.

- ***Gabaritarea rambleului.*** Rambleul sau secțiunea transversală a unui canal sau dig care se realizează în umplutură; pentru gabaritare se deosebesc trei cazuri, după cum cota terenului de la piciorul taluzului este mai mică sau mai mare decât cota pe axa lucrării.

Gabaritarea rambleului când cota terenului de la piciorul taluzului este egală cu cota picheților de pe axa lucrării, adică terenul este orizontal, se realizează astfel: de o parte și de alta a axei, se ridică perpendiculare (fig. 6.8) pe care se măsoară, începând de la axă, distanțele orizontale d_1 și d_2, determinate cu formulele:

$$d_1 = \frac{a}{2} + H \cdot n \quad \text{și} \quad d_2 = \frac{a}{2} + H \cdot m$$

în care:

d_1 și d_2 sunt distanțele orizontale de la axă spre piciorul taluzului 1:n și 1:m;

a – lățimea coronamentului;

H – înălțimea rambleului iar

n și m – înclinarea taluzurilor rambleului.

Se marchează înălțimea rambleului cu balize, iar înclinarea taluzurilor cu gabariți.

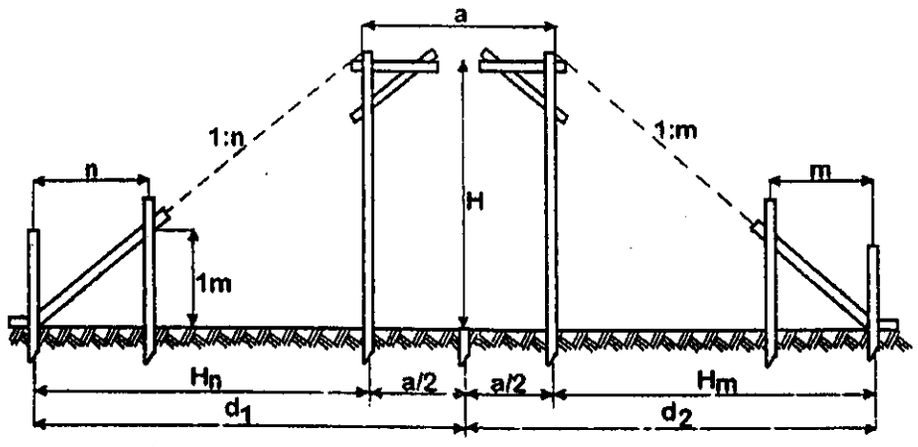


Fig. 6.8. Gabaritarea rambleului pe teren orizontal

Gabaritarea rambleului când cota terenului de la piciorul taluzului este mai mică decât cota pichetului de pe axa lucrării (fig. 6.9) se execută în modul următor: din punctul de pe axa lucrării se ridică o perpendiculară de o parte şi de alta a axei; pe direcţia dată de perpendiculară, se măsoară distanţa orizontală d_0 determinată cu relaţia:

$$d_0 = \frac{a}{2} + H \cdot n, \qquad d_1 = \frac{a}{2} + H \cdot m$$

în care:

a este lăţimea platformei sau a coronamentului;

H – înălţimea rambleului;

n – înclinarea taluzului.

În extremitatea distanţei orizontale d_0 se determină, cu ajutorul firului cu plumb sau cu un jalon, punctul de pe teren în care se bate un pichet mare, a cărei înălţime depăşeşte diferenţa de nivel dintre cota pichetului de pe axă şi cotele terenului din punctul t_1. Din punctul t_1 cu distanţa n, spre interior, se măsoară distanţa „n" metri (numitorul taluzului), bătându-se un pichet t_2 a cărui înălţime depăşeşte cu cel puţin 1 m diferenţa de nivel dintre cota pichetului de pe axă şi cota terenului din t_2.

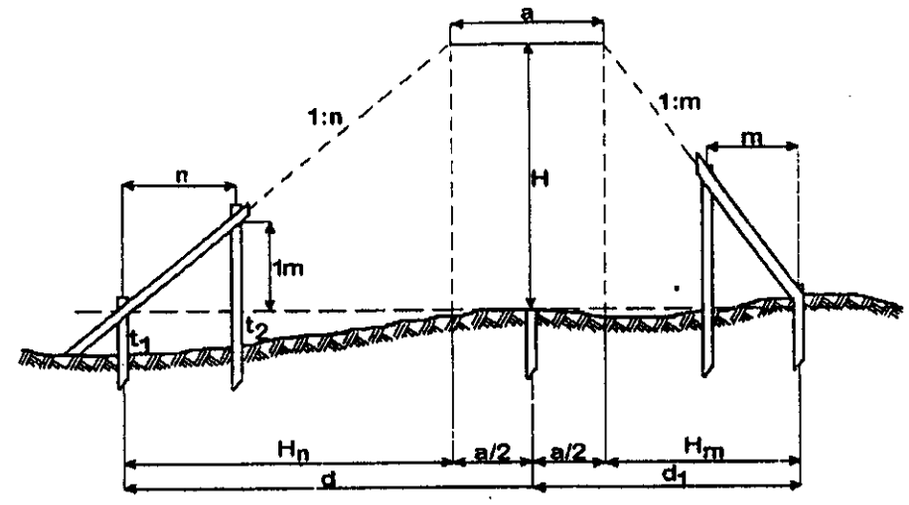


Fig. 6.9. Gabaritarea rambleului când cota terenului de la piciorul taluzului este mai mică decât cota pichetului de pe axa lucrării

Se indică direcţia de execuţie a taluzului printr-o şipcă fixată pe cei doi picheţi (t_1 şi t_2), cu partea inferioară pe t_1 la nivelul cotei de pe axă iar cu partea superioară pe t_2, cu 1 m deasupra latei orizontale, adică plus 1 m la cota pichetului de pe axă.

Gabaritarea rambleului când cota terenului de la piciorul taluzului este mai mare decât cota pichetului de pe axa lucrării (fig. 6.10.), se realizează executând aceleaşi operaţii ca mai sus. calculul distanţei orizontale făcându-se cu formula:

$$d_1 = \frac{a}{2} + (H - \Delta z) \cdot n$$

în care:

Δz – este diferenţa de nivel dintre cota terenului de la piciorul taluzului şi cota pichetului de pe axa lucrării, iar celelalte elemente au semnificaţiile arătate anterior.

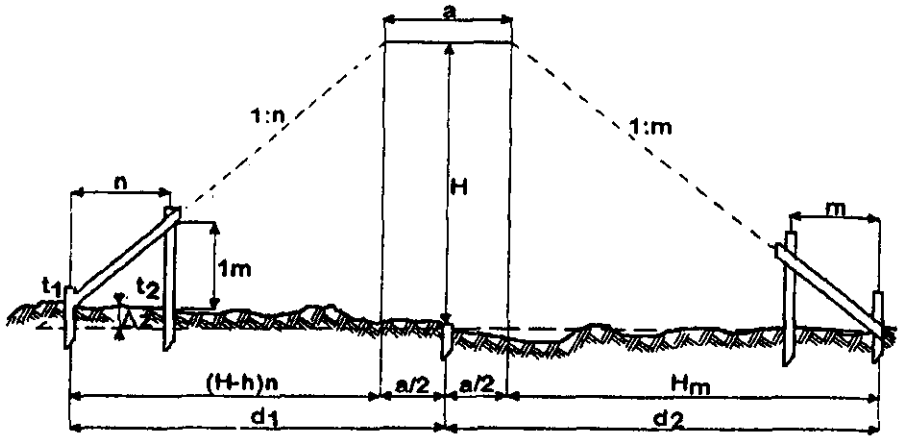


Fig. 6.10. Gabaritarea rambleului când cota terenului de la piciorul taluzului este mai mare decât cota pichetului de pe axa lucrării

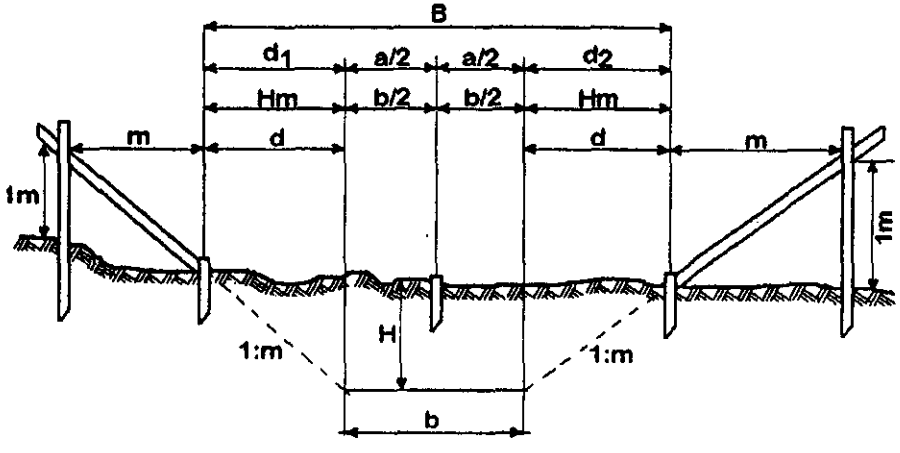


Fig. 6.11. Gabaritarea debleului pe teren orizontal

- ***Gabaritarea debleului.*** Debleul este secţiunea transversală a unui canal executat în săpătură.

Gabaritarea debleului când cota terenului de la creasta taluzului este egală cu cota pichetului de pe axa lucrării (terenul este orizontal), se realizează astfel (fig. 6.11):

De la axa lucrării, se ridică perpendiculare de o parte şi de alta, măsurând pe fiecare distanţa orizontală:

$$d_0 = \frac{b}{2} + a = \frac{b}{2} + H \cdot m$$

Crestele taluzurilor se marchează cu gabariţi. Deschiderea canalului se obţine cu relaţia:

$$B = b + 2a \quad sau \quad B = b + 2mH.$$

Gabaritarea debleului (cazul 1), când cota terenului de la creasta taluzului este mai mică decât cota pichetului de pe axa lucrării, se realizează ridicând de la axă perpendiculare de o parte şi de alta; pe aceste perpendiculare se măsoară distanţa orizontală d_1 care se calculează cu relaţia:

$$d_1 = \frac{b}{2} + Hm$$

în care :

b este lăţimea la fund,

H – adâncimea canalului iar

m – înclinarea taluzului.

La extremitatea distanţei orizontale, se fixează punctul t_1, printr-un pichet; de la t_1 spre exterior, cu o distanţă de *n* metri (înclinarea taluzului spre stânga) se obţine punctul t_2 în care se bate un pichet. Se fixează o şipcă pe picheţii t_1 şi la 1 m mai sus decât cota pichetului de pe axă, pe t_2 (fig. 6.12).

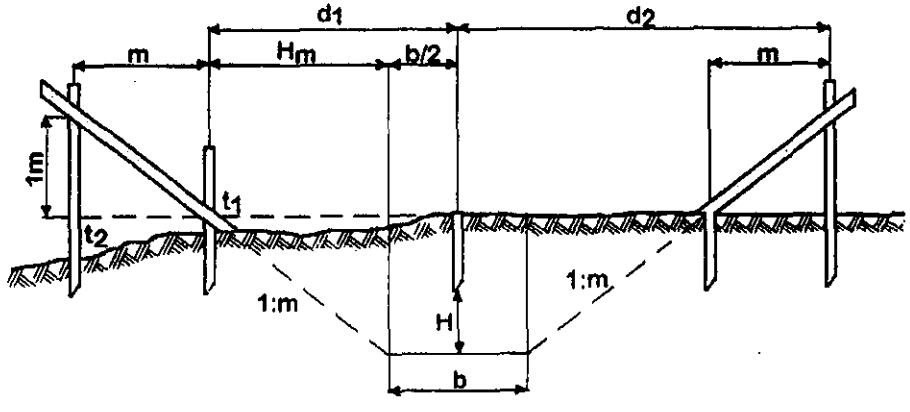


Fig. 6.12. Gabaritarea debleului când cota terenului de la creasta taluzului este mai mică decât cota pichetului de pe axa lucrării

Gabaritarea debleului (cazul 2), când cota terenului de la creasta taluzului este mai mare decât pichetul de pe axa lucrării (fig. 6.13), se realizează executând aceleaşi operaţii ca şi în cazul 1, distanţa orizontală calculându-se cu formula:

$$d_2 = \frac{b}{2} + (H + \Delta z) \cdot n$$

în care:

- Δz este diferența de nivel dintre creasta taluzului și punctul de pe axa lucrării.

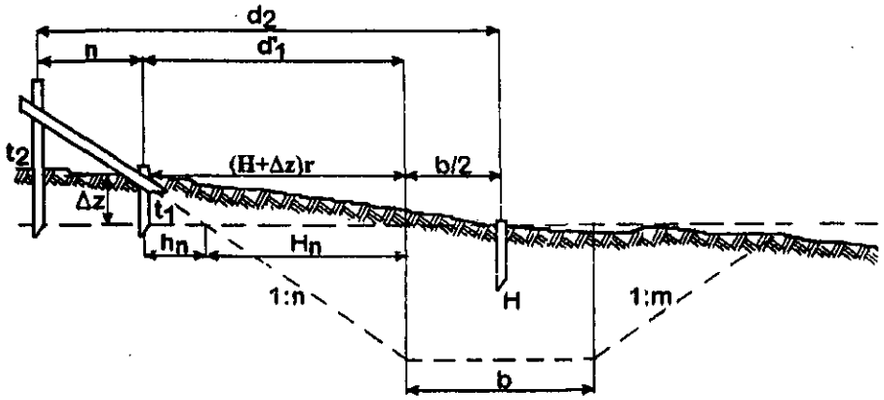


Fig. 6.13. Gabaritarea debleului când cota terenului de la creasta taluzului este mai mare decât cota picheților de pe axa lucrării.

6.5. TRASAREA LUCRĂRILOR DE ORGANIZARE A TERITORIULUI *

Aplicarea în teren a lucrărilor de organizare a teritoriului, a parcelării suprafețelor comportă operații planimetrice și nivelitice.

La trasarea pe plan a planului parcelelor, drumul de pantă dată este o problemă specială, determinată de relieful terenului.

6.5.1. TRASAREA UNUI DRUM DE PANTĂ DATĂ

Se aplică la lucrările de organizare a teritoriului, pe terenurile în pantă.

Drumurile principale, pentru a fi accesibile vehiculelor trebuie să prezinte o pantă care nu trebuie să depășească 10%. Ținând cont de această condiție, se alege un traseu mai lung, încât aliniamentele componente să aibă panta sub 10%. Problema se rezolvă mai întâi pe plan și apoi pe teren. Considerând planul la scara de 1:10 000, echidistanța curbelor de nivel de 10 m, se cere trasarea unui drum AB cu panta de 8% (fig. 6.14).

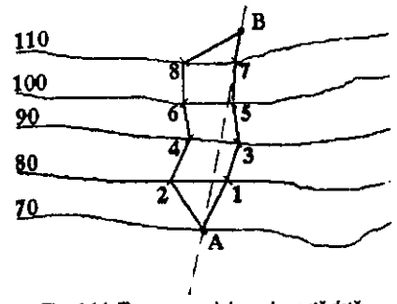


Fig. 6.14. Trasarea unui drum de pantă dată.

Se procedează astfel: se determină distanța orizontală (d_0) dintre două curbe de nivel consecutive, folosind formula:

$$d_0 = \frac{E}{I \cdot N},$$

în care:

- I este panta,
- N numitorul scării planului, iar
- E echidistanța curbelor de nivel

Înlocuind valorile cunoscute se obține:

$$d_0 = \frac{10\,\text{m}}{0{,}08 \cdot 10\,000} = \frac{10\,\text{m}}{800} = 0{,}0125\,\text{m}$$

Se unește punctul A cu B. Se ia în compas distanța d = 12,5 mm și începând din A se trasează un arc de cerc, care intersectează curba învecinată în punctele 1 și 2, de o parte și de alta a liniei AB. Cu aceeași deschidere de compas (d = 12,5 mm), în punctul 1, se trasează un arc de cerc, care intersectează curba de nivel învecinată în punctul 3; se execută aceeași operație în punctul 2, obținându-se punctul 4. Analog, se procedează din aproape în aproape, până în punctul B, obținându-se traseele A-1-3-5-7-B și A-2-4-6-8-B. Se va alege traseul cel mai scurt, cu unghiurile dintre aliniamente cât mai mari. Dacă traseul A-1-3-5-7-B îndeplinește condițiile de mai sus se calculează pe plan lungimea aliniamentelor, a unghiurilor dintre aliniamente și elementele geometrice ale curbelor, care apoi se vor trasa pe teren.

6.5.2. TRASAREA PLANTAȚIILOR POMICOLE

Trasarea plantațiilor pomicole pe teren șes. Suprafețele ce se plantează se încadrează pe planul de situație în formă de pătrat sau dreptunghi, total sau pe părți. Trasarea pătratului sau dreptunghiului în teren se face cu teodolitul și cu panglica de oțel. Se pichetează pe două din laturile alăturate, la distanța între rândurile de pomi, care apoi se prelungesc cu ajutorul jaloanelor. marcându-se prin picheți, rândurile de pomi și locul acestora.

Trasarea plantațiilor pomicole pe terenuri în pantă. Pe planul de situație se delimitează suprafețele ce se plantează cu pomi. Pe plan, se delimitează solele și tarlalele cu pomi. Pe aceste suprafețe se trasează linia AB de cea mai mare pantă (fig. 6.15). Se stabilește distanța orizontală (d_0) dintre rândurile de pomi, care se trece în proiectul de execuție. Pe linia de cea mai mare pantă, începând din A spre B, se trasează rândurile de pomi (1, 2, 3 etc.). Se calculează cotele fiecărui rând

de pomi. Se calculează diferența de nivel (Δz) între două rânduri de pomi și apoi distanța înclinată din teren (D) cu formula:

$$D = \sqrt{d^2 + \Delta z^2}$$

în care *d* este distanța orizontală dintre rândurile de pomi, (fig. 6.16.).

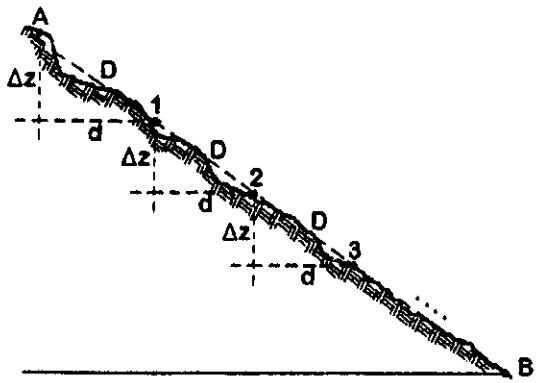


Fig. 6.15. Distanțele din teren (plan vertical)

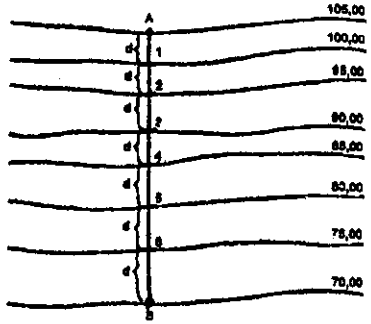


Fig. 6.16. Distanțele pe teren (plan orizontal)

În teren, se bat picheți în punctele A și B și se jalonează aliniamentul AB. Distanțele de pe pantă, corespunzătoare distanțelor orizontale dintre rândurile de pomi, se măsoară în plan orizontal. În cazul folosirii nivelului și mirei, se transmite cota de la un reper cunoscut, punctului A și apoi se află cota rândului de pomi de la mijlocul versantului care se prelungește în ambele părți, corectându-se în cazul unor sinuozități mari (curba de nivel cheie). Din punctul 4 spre A cu ajutorul panglicii se aplică distanța D și se va bate un pichet, care corespunde unui rând de pomi ș. a. m. d. până la punctul A și respectiv, punctul B.

6.5.3. TRASAREA PLANTAȚIILOR DE VIȚĂ DE VIE

Pe terenurile cu pantă peste 15%, vița de vie se plantează pe terase. Elementele geometrice ale terasei sunt redate în figura 6.17. Pe planul de situație se delimitează solele și parcelele ce se vor planta cu viță de vie. Pe această suprafață se trasează linia AB de cea mai mare pantă (fig. 6.18.). Prin proiectul de execuție se stabilesc înălțimea terasei, lățimea platformei terasei, distanța între rândurile de viță de vie pe terasă și numărul rândurilor pe terasă. În teren, se bat picheți în punctele A și B și se jalonează aliniamentul AB. Pentru trasarea curbei de nivel cheie sau mijlocie, se execută

același operații de la plantațiile de pomi. Curba de nivel cheie, corespunde cotei axei terasei de la mijlocul versantului. Trasarea pe teren a celorlalte terase, se execută astfel: de la punctul (5) ce corespunde terasei din mijlocul versantului, spre amonte, se măsoară cu panglica de două ori distanța din teren, pe aliniamentul AB, care va marca axa terasei învecinate 4. Distanța din teren, este dată de formula:

$$D = \sqrt{d_0^2 + h^2}$$

în care:

D -distanța din teren,

h -înălțimea terasei,

d_0 -distanța orizontală dată de formula $d_0 = \frac{p}{2} + mh$

p -lățimea platformei,

m -înclinarea taluzului terasei.

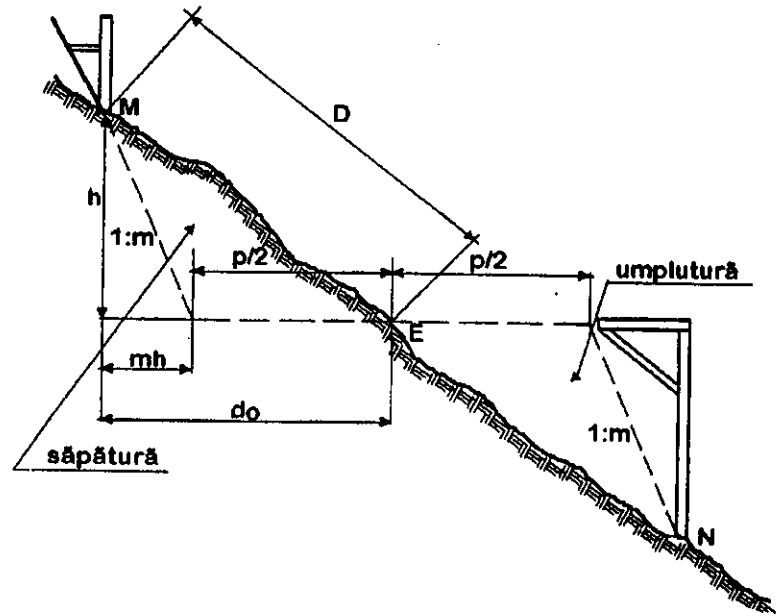


Fig. 6.17. Elementele unei terase.

Celelalte terase în amonte se trasează în mod asemănător. Pentru trasarea teraselor spre aval, de la terasa 5, aflată în mijlocul versantului, se măsoară distanţa D de două ori şi se obţine axul terasei nr. 6 şi tot aşa, în continuare până la B.

După pichetarea axelor teraselor, se pichetează profilul transversal al terasei (fig. 6.17). În punctul E, se măsoară în amonte distanţa EM şi se fixează la extremitatea ei un şablon care indică înclinarea taluzului. Apoi, se măsoară de la E în aval, distanţa EN, obţinând piciorul taluzului, unde se fixează o baliză care indică înălţimea umpluturii. După executarea săpăturii în amonte şi împrăştierea pământului în aval, se marchează lăţimea platformei.

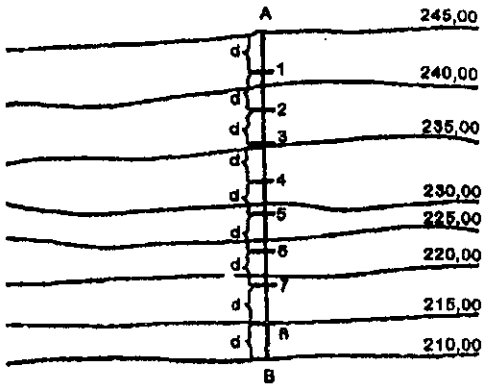


Fig. 6.18. Determinarea distanţelor în teren, între terase.

Pe versanţii cu pantă neuniformă, se determină, în parcelă, curba de nivel cheie. Se marchează axul terasei care corespunde curbei de nivel cheie. Se corectează sinuozităţile acesteia. De la această terasă, spre amonte şi aval, măsurând cu panglica, se trasează şi axele celorlalte terase. Se pichetează pe teren, de la axă, elementele teraselor (platforma, înclinarea, ampriza şi bancheta), plantându-se gabariţi.

6.5.4. NIVELAREA ŞI MODELAREA TERENURILOR

Tehnologiile culturilor agricole necesită nivelarea şi modelarea terenurilor, atât pentru culturile irigate cât şi pentru cele neirigate. Se creează astfel condiţii pentru însămânţarea uniformă, pentru efectuarea lucrărilor agricole, în condiţii optime. Prin nivelare şi modelare, în regiunile umede şi subumede se asigură eliminarea excesului de apă, de la suprafaţa solului. Nivelarea şi modelarea asigură scurgerea dispersată şi uniformă a apei, previne eroziunea de adâncime şi/sau creează condiţii pentru aplicarea celorlalte măsuri de prevenire şi combatere a eroziunii solului.

Lucrările de nivelare necesită deplasarea unui volum mare de terasamente, de aceea costul acestora este ridicat. Nivelarea, în funcţie de modul de execuţie, se clasifică în nivelare capitală sau iniţială şi nivelare de exploatare sau curentă.

Nivelarea capitală, constă în nivelarea parcelelor de irigat în planuri orizontale sau înclinate şi se execută concomitent cu amenajarea sistemului.

Nivelarea de exploatare se face anual sau la cel mult doi ani, pentru înlăturarea denivelărilor ce apar din exploatarea agricolă a terenurilor.

- *NIVELAREA ÎN PLAN ORIZONTAL*

Suprafaţa ce trebuie nivelată în plan orizontal, în îmbunătăţirile funciare se realizează în special la parcelele de orezărie.

Trasarea parcelelor pe teren. Pe suprafaţa ce trebuie nivelată se trasează canalele de alimentare şi de evacuare. Se gabaritează aceste canale. Executarea canalelor în rambleu se face cu pământ din parcele iar canalele de evacuare, în debleu, depunându-se pământul de o parte şi de alta. Fiecare parcelă se delimitează, pe una din laturile lungi, cu un diguleţ al canalului de alimentare şi pe alta cu un diguleţ al canalului de evacuare. Pe lăţimea parcelelor se trasează diguleţe de separaţie, la distanţele stabilite pe planul de execuţie.

Terasamentele necesare pentru construcţia digurilor se obţin din parcele.

Pichetarea şi ridicarea nivelitică a parcelelor. Pe marginea parcelei, de-a lungul canalului de alimentare, se pichetează din 10 – 50 m, carouri care rezultă din intersecţii de aliniamente. Se execută ridicarea nivelitică, transmiţând cota de la parcela vecină, făcând citirile la fiecare punct şi la reperul din parcela următoare şi înscriindu-le în carnetul de teren. Se calculează cotele şi se bat picheţii la cota definitivă.

Calculul cotei medii ponderate. Din cotele punctelor de la fiecare carou, se calculează cota medie a fiecărui carou şi apoi, cota medie a întregii parcele. În figura 6.19., notând cu I, II, III etc. carourile începând din stânga sus, rezultă următoarele cote medii:

$$Z_I = \frac{Z_1 + Z_2 + Z_{11} + Z_{21}}{4} \qquad Z_{II} = \frac{Z_2 + Z_3 + Z_{21} + Z_{31}}{4}$$

Cota medie a întregii parcele se obţine cu relaţia:

$$Z_m = \frac{Z_I + Z_{II} + Z_{III} + \ldots\ldots + Z_{IX}}{N}$$

în care N este numărul carourilor.

În această relaţie, suma de la numărător se poate scrie şi astfel:

$$Z_I + Z_{II} + \ldots\ldots + Z_{IX} = \frac{1}{4}(Z_1 + Z_2 + Z_{11} + Z_{21} + Z_2 + Z_3 + Z_{21} + Z_{31} + Z_3 + Z_4 + Z_{31} + Z_{41} -$$
$$+ Z_{11} + Z_{21} + Z_{12} + Z_{22} + Z_{21} + Z_{31} + Z_{22} + Z_{32} + Z_{31} + Z_{32} + Z_{41} + Z_{42} + Z_{12} + Z_{22} -$$
$$+ Z_{13} + Z_{23} + Z_{22} + Z_{32} + Z_{23} + Z_{33} + Z_{32} + Z_{42} + Z_{33} + Z_{43})$$

sau:

$$Z_I + Z_{II} + \ldots\ldots + Z_{IX} = \frac{1}{4}[(Z_1 + Z_4 + Z_{13} + Z_{43}) + 2(Z_2 + Z_3 + Z_{11} + Z_{12} + Z_{23} + Z_{33} + Z_{41} + Z_{42}) + 4(Z_{21} + Z_{31} + Z_{22} + Z_{32})]$$

Din această relaţie, rezultă următoarele: cotele punctelor de la colţurile parcelei, intră în calcul o dată, adică punctele au ponderea 1 (influenţează numai un carou), cotele punctelor de pe marginea parcelei intră de două ori în calcul, au ponderea 2 (influenţează două carouri) iar cotele punctelor din interiorul parcelei, intră în calcul de patru ori, deci au ponderea 4 (influenţează patru carouri).

Generalizând această relaţie, rezultă:

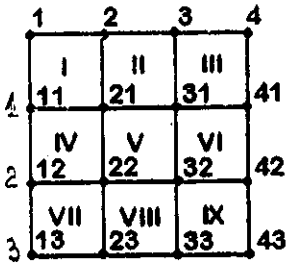


Fig. 6.19. Suprafaţa de teren pichetată pentru nivelare orizontală.

$$\sum_{i=1}^{n} Z_i = 0{,}25\sum Z_{colţ} + 0{,}50\sum Z_{m\,arg\,ine} + \sum Z_{int\,erior}$$

sau

$$Z_i = \frac{1}{4}\left(\sum Z_{colţ} + 2\sum Z_{m\,arg\,ine} + 4\sum Z_{int\,erior}\right)$$

Deci cota medie ponderată a parcelei se obţine cu formula:

$$Z_{mp} = \frac{0{,}25\sum Z_{colţ} + 0{,}50\sum Z_{m\,arg\,ine} + \sum Z_{int\,erior}}{N}$$

sau:

$$Z_{mp} = \frac{\sum Z_{colţ} + 2\sum Z_{m\,arg\,ine} + 4\sum Z_{int\,erior}}{4N}$$

în care:

$\sum Z_{colţ}$ este suma cotelor din colţurile parcelei;

$\sum Z_{margine}$ – suma cotelor din marginile parcelei;

$\sum Z_{interior}$ – suma cotelor din interiorul parcelei;

N – numărul carourilor.

Dacă se lucrează direct cu citirile de pe mină, se obţine C_{mp}(citirea medie ponderată) adică citirea la care trebuie aduse toate punctele carolajului, astfel ca suprafaţa parcelei să devină orizontală iar volumul săpăturilor să fie egal cu volumul umpluturilor. Deoarece din parcelă se iau terasamentele pentru diguleţele canalelor de alimentare şi diguleţele transversale, se ia în calcul acest volum care se numeşte sarcina parcelei (h_s). În exemplul dat sarcina parcelei este 144m^3 iar suprafaţa de 7 200 m^2 (tabelul 6.1).

Calculul nivelării în plan orizontal

Tabelul 6.1

Nr. pct.	Cota punctului Z	Ponderea punctului p	Produsul 2x1 pxZ	Cota medie definitivă Z_{med}	Diferenţa Z +	Diferenţa Z -	Aria aferentă	Cubaj +	Cubaj -
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	63,260	1	63,260		0,096		200	19,200	
2	63,443	2	126,880			0,084	400		33,600
3	63,430	2	126,860			0,074	400		29,600
4	63,210	1	63,210		0,146		200	29,200	
11	63,360	2	126,720			0,004	400		1,600
21	63,400	4	253,600			0,044	800		35,200
31	63,420	4	253,680			0,064	800		51,200
41	63,180	2	123,360	63,356	0,176		400	70,400	
12	63,240	2	126,480		0,116		400	46,400	
22	63,260	4	253,520		0,096		800	76,800	
32	63,220	4	252,880		0,136		800	108,800	
42	63,400	2	126,800			0,044	400		17,600
13	63,420	1	63,420			0,064	200		12,800
23	63,380	2	126,760			0,024	400		9,600
33	63,390	2	126,780			0,034	400		13,600
43	63,370	1	63,370			0,014	200		2,800
Σ		36	2280,100					350,800	207,600

$$h_s = \frac{V_s}{S} = \frac{144\,m^3}{7\,200\,m^2} = 0{,}020\,m$$

Cota medie definitivă sau cota planului de nivelare se calculează cu formula:

$$Z_{med} = Z_{mp} + h_s = 63{,}336 + 0{,}020 = 63{,}356 \text{ m}$$

Dacă se lucrează cu citirile pe mină, citirea medie definitivă se calculează astfel:

$$C_{med} = C_{mp} + h_s$$

Calculul volumului de terasamente. La nivelarea în plan orizontal, volumul de terasamente este egal cu volumul săpăturilor. Volumul săpăturilor este egal cu volumul pentru umplutură plus volumul de 15 – 20% pentru rezerva de tasare sau tasarea remanentă.

$$V_s = K \cdot V_u$$

în care:

V_s este volumul de săpătură;

K – coeficient de tasare care diferă după sol iar

V_u – volumul de umplutură.

$$Z_{mp} = \frac{2280,10}{36} = 63,336\,m \qquad a = \frac{S}{p} = \frac{7200\,m^2}{36} = 200\,m^2$$

$$h = \frac{V}{S} = \frac{144m^3}{7200m^2} = 0,020\,m \quad V = a.p. \quad Z = 200 \cdot 0,096 = 11,200\,m$$

$$Z_{med} = 63,336 + 0,020 = 63,356\,m$$

Cubaj de nivelare: 350,800 - 144 = 206,800 m³.

Cubaj de nivelare compensat: $\frac{206,800 + 207,600}{2} = 207,200\,m^3$.

Această formulă corespunde situației în care parcela nu are sarcină.

Când parcela are sarcină se folosește formula:

$$V_t = K \cdot V_s + V_r$$

în care:

V_r este volumul de terasamente pentru rambleul canalelor și a figurilor transversale.

Volumul de săpătură (V_s) pentru nivelarea parcelei fără sarcină se calculează cu formula:

$$V_s = a \cdot p \cdot \Delta Z$$

în care:

a este aria aferentă unui punct al caroiajului cu ponderea 1;

p – ponderea punctului cotat;

ΔZ – diferența de nivel între cota sau citirea medie definitivă și cota punctului

Aria aferentă se calculează astfel:

$$a = \frac{S}{\sum p}$$

în care:

S este suprafața parcelei în m²;

Σp – suma ponderilor punctelor.

- *NIVELAREA TERENULUI ÎN PLAN ÎNCLINAT*

Se execută pentru irigația prin scurgere la suprafață, pentru nivelarea terenurilor cu exces de umiditate și a celor supuse eroziunii.

Prima operație care se execută este împărțirea, pe planul de situație, a terenului ce va fi nivelat în parcele de irigație, în funcție de relieful terenului, a rețelei de canale de irigație și de desecare, lungimea brazdelor sau a fâșiilor.

În teren, suprafața se picheteză în caroiaj cu latura de 20 sau 25 m, pornind de la o linie amplasată, față de marginea terenului, la o depărtare egală cu jumătate din latura carourilor. Se realizează astfel pichetarea, în mijlocul carourilor. Ridicarea nivelitică a punctelor caroiajului, se execută prin drumuiri combinate cu radieri de nivelment geometric. După executarea nivelmentului pe teren, se calculează cotele întocmindu-se planul cotat.

Calculul nivelării terenului. Se execută pe fâșii sau parcele de nivelare. Pe fâșii nivelarea se face cu o singură pantă, egală cu panta brazdelor. Nivelarea pe parcele se face atât după panta longitudinală cât și cea transversală. Problema fundamentală, o constituie stabilirea pantei optime, care corespunde unui volum minim de terasamente.

Panta optimă se poate determina după următoarele metode:

- metoda celor mai mici pătrate (James C. Murr – 1957);
- metoda celor mai mici pătrate simplificată (N. A. Halchias – 1961);
- metoda poliedrelor (M. Rădulescu – 1973);
- metoda profilelor.

Metoda celor mai mici pătrate se bazează pe un caroiaj. Punctele caroiajului se înregistrează, într-un tabel, în raport cu două axe rectangulare x și y (fig. 6.20.), a căror origine se află la o distanță egală cu o jumătate din latura coroiajului. Panta optimă a fâșiei sau parcelei de nivelare, pe direcția X (longitudinal) se determină cu formula:

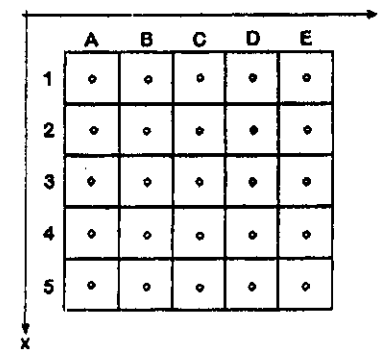


Fig. 6.20. Pichetarea terenului în caroiaj cu punctele la centrul carourilor

$$I_X = \frac{\sum_1^n X_n Z_n - \frac{\sum_1^n X_n \sum_1^n Z_n}{n}}{\left[\sum_1^n X_n^2 - \frac{\left(\sum_1^n X_n\right)^2}{n}\right] \cdot l},$$

iar pe direcția axei Y (transversal) cu formula:

$$I_y = \frac{\sum_1^m X_m Z_m - \frac{\sum_1^m Y_m \sum_1^n Z_n}{m}}{\left[\sum_1^m Y_m^2 - \frac{\left(\sum_1^m Y_m\right)^2}{m}\right] \cdot l},$$

în care:

I_x şi I_y este panta optimă în direcţia axei X şi axei Y;

X_n – numărul de ordine al punctului sau liniei:

Y_m – numărul de ordine al punctului sau coloanei;

Z_n – cota punctului sau cota medie a punctelor pe linie.

Z_m – cota medie a punctelor pe coloană;

n – numărul punctelor sau numărul liniilor;

m – numărul punctelor sau numărul coloanelor;

l – lăţimea parcelei.

Cota planului de nivelare (Z_0) în punctul de origine al axelor se calculează cu formula:

$$Z_0 = Z_c - I_x X_c - I_y Y_c$$

în care:

- Z_c este cota punctului central sau centroidul, egală cu cota medie a punctelor fâşiei sau parcelei de nivelare;
- X_c şi Y_c – sunt distanţele punctului C (centroidul) faţă de axa X-lor şi faţă de axa Y-lor, iar I_x şi I_y pantele optime ale parcelei de nivelare pe direcţiile X şi Y.

Cota planului de nivelare, în fiecare punct al coroiajului, se determină cu formula:

$$Z_p = Z_0 + I_x X_p + I_y Y_p$$

în care

Z_p este cota planului de nivelare în punctul P al caroiajului;

X_p şi Y_p – distanţele punctului P faţă de axele X şi Y, unitatea pentru distanţe fiind egală cu latura caroiajului.

Volumul de săpătură se calculează cu formula:

$$V = a^2 \cdot \Sigma h,$$

în care:

V este volumul de săpătură;

a – latura caroiajului;

Σh_s – suma adâncimilor de săpătură.

Panta optimă se poate calcula şi prin ***formula Halchias:***

$$I_x = \frac{12\sum_1^n X_n Z_n - 6(n+1)\left(\sum_1^n Z_n\right)}{l(n-1)n(n+1)}$$

Formula Rădulescu:

$$I = \frac{8}{n^2}\sum(+H)$$

în care:

$\Sigma(+H)$ este suma înălţimilor de umplutură, ceilalţi termeni având semnificaţia de la formula Marr.

Calculul nivelării după metoda Marr este prezentată în tabelul 6.2. având succesiunea:

- se completează cotele pe cele două axe;
- se determină suma cotelor pe linii şi coloane;
- se calculează cotele medii pe linii şi coloane:

$Z_{m_1} = 89{,}650$ m $Z_{m_2} = 89{,}568$ m $Z_{m_3} = 89{,}270$ m;

$Z_{m_4} = 89{,}601$ m $Z_{m_5} = 89{,}469$ m

- se determină cota medie a parcelei:

$$Z_c = \frac{\sum_{i=1}^m Z_m x_i}{m} = \frac{89{,}650 + 89{,}601 + \ldots\ldots + 89{,}270}{5} = 89{,}512\,m$$

$$Z_c = \frac{\sum_{i=1}^n Z_n Y_i}{n} = \frac{90{,}242 + 90{,}196 + \ldots\ldots + 88{,}608}{11} = 89{,}512\,m$$

- se determină panta optimă a parcelei pe direcţiile X şi Y, folosind formula:

$$I_x = \frac{\sum_{i=1}^n X_i Z_i = \frac{\sum_{i=1}^n X_i \cdot \sum_{i=1}^n Z_i}{n}}{\left[\sum_{i=1}^n X_i^2 - \frac{\left(\sum X_i\right)^2}{n}\right] \cdot l} = \frac{1341{,}785 - \frac{15 \cdot 447{,}559}{5}}{\left(55 - \frac{15^2}{5}\right) \cdot 25} = \frac{-4{,}460}{1250} = -0{,}00356$$

$$\sum_{i=1}^{5} X_i Z_i = (1 \cdot 89{,}650) + (2 \cdot 89{,}601) + (3 \cdot 89{,}569) + (4 \cdot 89{,}469) + (5 \cdot 89{,}270) = 1341{,}785$$

$$\sum_{i=1}^{5} X_i = 1 + 2 + 3 + 4 + 5 = 15$$

$$\sum_{i=1}^{5} Z_i = 89{,}650 + 89{,}601 + 89{,}569 + 89{,}469 + 89{,}270 + 447{,}559$$

$$\sum_{i=1}^{5} X_i^2 + 1 + 4 + 9 + 16 + 25 = 55$$

$$I_Y = \frac{\sum_{i=1}^{m} Y_i Z_i - \frac{\sum_{i=1}^{m} Y_i \sum_{i=1}^{m} Z_i}{m}}{\left[\sum_{i=1}^{m} Y_i^2 - \frac{\left(\sum Y_i\right)^2}{m}\right] \cdot l} = \frac{5\,886{,}062 - \frac{66 \cdot 98{,}417}{11}}{505 - \frac{66^2}{11} 25} = \frac{-224{,}840}{29\,975} = -0{,}00750$$

$$\sum_{i=1}^{11} Y_i^2 = 1 + 4 + 9 + 16 + 25 + 36 + 49 + 64 + 81 + 100 + 121 = 505$$

$$\sum_{i=1}^{11} Y_i = 1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 6 + 7 + 8 + 9 + 10 + 11 = 66$$

După ce s-a determinat panta optimă, la care se obţine un volum minim de terasamente, se compară cu panta admisibilă pentru brazde sau fâşii.

Dacă panta nu se încadrează în limitele cerute, se alege o pantă cât mai apropiată de panta optimă ştiind că diferenţa între cea optimă şi cea aleasă este mai mare, creşte şi volumul de terasamente.

Se calculează cotele planului de nivelare, pe două direcţii cu relaţia:

$$Z_{X_i Y_i} = Z_c + (X_c - X_i) \cdot 1 \cdot I_X + (Y_c - Y_i) \cdot 1 \cdot I_Y$$

în care:

$Z_{X_i Y_i}$ reprezintă cota planului de nivelare în punctul X_i Y_i;

Z_c – cota medie a fâşie, cota centroidului;

Calculul nivelării parcelei pe două direcţii (X şi Y)cu formula Marr

Tabel 6.2

P		y → 1	2	3	4	5	h	Hm
	1	90,270 90,627 +0,357	90,250 90,513 +0,263	90,200 90,449 +0,249	90,300 90,360 +0,060	90,190 90,271 +0,081	451,210	90,242
	2	90,150 90,440 +0,290	90,210 90,351 +0,141	90,180 90,262 +0,082	90,280 90,173 -0,107	90,160 90,084 -0,076	450,980	90,196
	3	90,160 90,252 +0,092	90,100 90,163 +0,063	90,160 90,074 -0,086	90,160 89,985 -0,175	90,100 89,896 -0,204	450,680	90,136
	4	90,010 90,065 +0,055	90,005 89,976 -0,029	90,060 89,887 -0,173	90,050 89,798 -0,252	89,980 89,709 -0,271	450,105	90,021
	5	90,000 89,877 -0,123	89,930 89,788 -0,142	89,820 89,699 -0,121	89,890 89,610 -0,280	89,780 89,521 -0,259	449,420	89,684
	6	89,690 89,690 0,000	89,650 89,601 -0,049	89,720 89,512 -0,208	89,610 89,423 -0,187	89,250 89,334 +0,084	447,920	89,584
	7	89,530 89,503 -0,023	89,460 89,419 -0,041	89,410 89,325 -0,085	89,100 89,236 +0,136	89,370 89,147 -0,223	446,870	89,374
	8	89,300 89,315 +0,015	89,270 89,226 -0,044	89,200 89,137 -0,063	88,870 89,048 +0,178	89,050 88,959 -0,091	445,690	89,118
	9	89,160 89,128 -0,032	89,160 89,039 -0,121	88,970 88,950 +0,020	88,690 88,861 +0,171	87,910 88,772 +0,862	443,890	88,778
x ↓	10	89,080 88,940 -0,140	88,880 88,851 -0,029	88,870 88,851 -0,108	88,630 88,673 +0,043	87,920 88,584 +0,664	443,380	88,676
	11	88,800 88,753 -0,047	88,700 88,684 -0,016	88,670 88,575 -0,095	88,600 88,486 -0,114	88,270 88,397 +0,127	443,270	88,608
Total coloană Z_{max_i}		986,150	985,615	985,260	984,180	981,981	4923,185	
Medii coloane Z_{max_i}		89,650	89,601	89,569	89,469	89,270		89,512
I%		Ix = -0,00356 Iy = -0,00750						
Vm^3		2 520,625						

X_c și Y_c – distanțele punctului C (centroidul) față de axa X-lor și față de axa Y-lor, unitatea de distanță fiind egală cu latura caroiajului;

X_i și Y_i – numărul punctului pe axa X, respectiv Y

l - latura caroiajului (l)

Distanțele X_c și Y_c se calculează cu relațiile:

$$X_c = \frac{1}{n}(1+2+.....+n) = \frac{1}{5}(1+2+3+4+5) = \frac{15}{5} = 3$$

$$Y_c = \frac{1}{m}(1+2+.....+m) = \frac{1}{11}(1+2+3+4+5+6+7+8+9+10+11) = \frac{66}{11} = 6.$$

Valorile X_c și Y_c se pot extrage din tabelul 6.3.

Cotele planului de nivelare în punctele X_1Y_1, X_1Y_5, X_2Y_2 au valorile:

$Z_{x1y1} = 89,512 + (3-1)\ 25 \cdot 0,00356 + (6-1)\ 25 \cdot 0,00750 = 90,627$ m

$Z_{x1y5} = 89,512 + (3-5)\ 25 \cdot 0,00356 + (6-5)\ 25 \cdot 0,00750 = 90,271$ m

Cotele proiectate se trec pe tabelul de calcul 6.2.

Adâncimile de săpătură și înălțimile de umplutură se determină după calculul tuturor cotelor planului de nivelare făcând diferența dintre cota proiectată și cota terenului; diferențele pozitive prezintă umpluturi:

$$Z_{x1y1} = 90,627 - 90,270 = +0,357$$

$$Z_{x1y1} = 90,271 + 90,150 = +0,121$$

$$Z_{x5y5} = 89,521 + 89,780 = -0,259$$

iar cele negative, săpături și se trec în tabelul 6.2.

Controlul calculului – suma adâncimilor de săpătură (Σh_s) trebuie să fie egală cu suma înălțimilor de umplere (Σh_u) sau media cotelor din cele patru colțuri este egală cu cota medie a parcelei.

$h_s = 4\ 031$ iar $h_u = 4\ 033$.

Volumul de săpătură se calculează în funcție de suprafața unui carou (1^2) și de adâncimile de săpătură (Σh_s), cu formula:

$$V = l^2 \cdot (\Sigma h_s) \qquad (m^3)$$

Raportul între suma adâncimilor de săpătură și suma înălțimilor de umplutură $\left(\frac{\Sigma h_s}{\Sigma h_u}\right)$ trebuie să fie cuprins între 1,20 și 1,30. Pentru acestea se suplimentează cu 5 – 15% volumul de săpătură necesitat de tasarea solului, adică se adâncește săpătura cu 1-3 cm.

Valori care ușurează calculul pantei optime prin metoda celor mai mici pătrate și metoda poliedrelor

Tabel 6.3

n	$\frac{\sum_{i=1}^{n} X_i}{n}$	$\sum_{i=1}^{n} X_i^2 = \frac{(\sum X_i)^2}{n}$	$\frac{8}{n^2 l}$ (l = 20 m)	$\frac{8}{n^2 l}$ (l = 25 m)
1	-	-	0,4000	0,3200
2	1,5	0,5	0,1000	0,0800
3	2,0	2,0	0,0444	0,0355
4	2,5	5,0	0,0250	0,0200
5	3,0	10,0	0,0160	0,0128
6	3,5	17,5	0,0111	0,0088
7	4,0	28,0	0,0081	0,0065
8	4,5	42,0	0,0062	0,0050
9	5,0	60,0	0,0049	0,0039
10	5,5	82,5	0,0040	0,0032
11	6,0	10,00	0,0032	0,0026
12	6,5	143,0	0,0027	0,0022
13	7,0	182,0	0,0023	0,0019
14	7,5	227,5	0,0020	0,0016
15	8,0	280,0	0,0017	0,0014
16	8,5	340,0	0,0015	0,0012
17	9,0	408,0	0,0013	0,0011
18	9,5	484,5	0,0012	0,0098
19	10,0	570,0	0,0011	0,0009
20	10,5	665,0	0,0010	0,0008
21	11,0	770,0	0,0009	0,0007
22	11,5	885,0	0,0008	0,0007
23	12,0	1 012,0	0,0007	0,0006
24	12,5	1 150,0	0,0007	0,0005
25	13,0	1 300,0	0,0006	0,0005
26	13,5	1 462,5	0,0006	0,0004

Metoda poliedrelor pornește de la principiul că terenul este format din mai multe poliedre cu bazele superioare orizontale și la nivele diferite.

Calculul pantei optime pe fâșii se face cu formula :

$$I = \frac{8}{n^2 l} \sum (+\Delta z) = K \cdot \sum (+\Delta z)$$

în care:

I este panta optimă a fâșiei;

n – numărul punctelor cotate;

l – lungimea laturii carourilor;

(+Δz) – suma diferenţelor de nivel, pozitive, care se obţin scăzând cota medie a fâşiei din cotele terenului, mai mari decât cota medie.

Valoarea $\frac{8}{n^2 \cdot l} = K$ este dată în tabelul 6.3 Datele din teren şi calculele efectuate sunt trecute în tabelul 6.4.

În exemplul dat, calculele s-au efectuat astfel:

$$I = K \cdot \Sigma(+\Delta z) = 0{,}00653 \cdot 0{,}7329 = 0{,}004785837.$$

Cota planului de nivelare s-a obţinut din suma cotelor punctelor raportată la numărul punctelor.

Cota planului de nivelare se calculează pornind de la centrul fâşiei (punctul 64), în care planul de nivelare are cota egală cu cota medie a fâşiei. În sus faţă de acest punct, cotele planului de nivelare se calculează astfel:

$Z_{63} = Z_c + l \cdot I = 89{,}9357 + 25 \cdot 0{,}004785837 = 90{,}0553$

$Z_{62} = Z_c + 2 \cdot l \cdot I = 89{,}9357 + 2 \cdot 25 \cdot 0{,}004785837 = 90{,}1749$

În jos faţă de centrul fâşiei, cotele planului de nivelare se calculeaz. astfel:

$$Z_{65} = Z_c + l \cdot I = 89{,}9357 - 25 \cdot 0{,}004785837 = 89{,}8161$$

Adâncimile de săpătură şi înălţimile de umplutură, se calculează

$Z_{61} = 90{,}2000 - 90{,}2945 = -0{,}0945$

$Z_{63} = 90{,}1600 - 90{,}0553 = +0{,}1047.$

Se face suma adâncimilor de săpătură şi a înălţimilor de umplutură care trebuie să fie egale.

$\Sigma(+\Delta z) = 2{,}615 \cong \Sigma(-\Delta z) = 2{,}614.$

Volumul de săpătură se calculează cu formula :

$V = l^2 \cdot \Sigma(+\Delta z) = 25^2 \cdot 2{,}615 = 163{,}4375\ m^3.$

Calculul nivelării pe fâşii prin metoda poliedrelor

Tabelul 6.4.

Punctul	Cotă teren Cotă nivelare Diferenţă nivel	Diferenţe (+Δz)	Calcule
61	90,200000 90,294500 -0,094500	0,2643	
62	90,180000 90,174900 +0,005100	0,2443	K = 0,006530 (pentru şapte puncte)
63	90,160000 90,055300 +0,104700	0,2243	(+Δz) = 0,2643 + 0,2443 + 0,2243 = = 0,7329
64	90,060000 89,935700 +0,124300		+ΔZ) = 0,1047 + 0,1243 + 0,235 = + +2,615
65	89,820000 89,816100 +0,003900		-Z) = 0,945 +0,1669 = -2,615
66	89,720000 89,696500 +0,023500		V = $a^2 \cdot (+Z) = 25^2 \cdot 2{,}615 = 163{,}4375\ m^3$
67	89,410000 89,576900 -0,166900		
Z	629,550000	0,7329	
Z_c	89,935700		
I ‰	4,785837		
+Δz	2,615000		
-Δz	2,614000		
Volum (m^3)	163,437500		

6.5.5. MODELAREA TERENURILOR

Lucrarea de modelare asigură o pantă continuă, impusă de metoda de udare, de cerinţele exploatării agricole. Este specifică terenurilor cu pante foarte mari sau foarte mici sau cu microrelief frământat. Prin lucrarea de modelare, se reduce volumul de terasamente, comparativ cu lucrarea de nivelare. Pantele ce se asigură prin modelare cât şi prin nivelare au o limită minimă impusă de asigurarea scurgerii iar limita maximă este dată de asigurarea executării mecanizate a lucrărilor sau a prevenirii fenomenului de eroziune.

Gradul de denivelare al terenului este un raport între cotele medii ale terenului şi cotele planului proiectat, iar indicele de denivelare (I_n) se calculează cu relaţia:

$$I_n = \frac{(Z_p - Z_t) + (Z_t - Z_p)}{n}$$

în care:

Z_t şi Z_p reprezintă cota terenului şi cota proiectată.

Panta proiectată trebuie să fie apropiată de cea economică (care asigură volum mic de terasamente). Calculele pentru modelare sunt asemănătoare celor de la nivelare, precum şi studiile topografice din teren.

• **Modelarea terenurilor irigabile.** Tipurile de modelare a acestor terenuri se diferenţiază după condiţiile geomorfologice, metodele şi tipurile de amenajare. Modelarea asigură pante continui (pe cât este posibil), constante în acelaşi sens, uneori fragmentate în limita aceluiaşi sector de udare. În figura 6.21., se fac referiri numai la tipurile generale ale modelării, corespunzând metodelor de udare. Se întâlnesc următoarele tipuri de modelare: pante fragmentate în acelaşi sens, fiecare fragment corespunzând lungimii de brazdă sau fâşie admisă ($B_1 - B_1'$) ; pante fragmentate minime pentru fiecare parcelă de irigaţie ($B_2 - B_2'$); pante fragmentate în sensuri diferite care asigură alimentarea bilateral, brazdelor sau fâşiilor ($B_3 - B_3'$). Rezultă că se adoptă panta economică ori de câte ori panta naturală pe direcţia brazdei se încadrează în limitele admise.

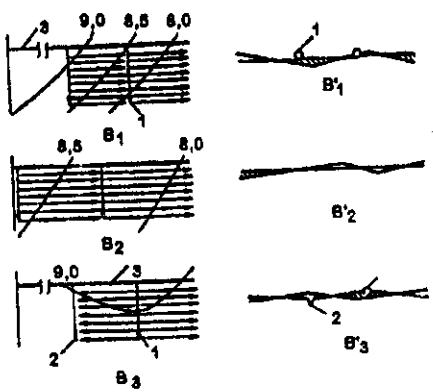


Fig. 6.21. Tipuri de modelare a terenului pentru irigaţii:
B_1 – modelarea la panta economică;
B_2 – modelarea în trepte;
B_3 – modelarea în spinări;
1 – conductă transportabilă; 2 – rigolă de scurgere.

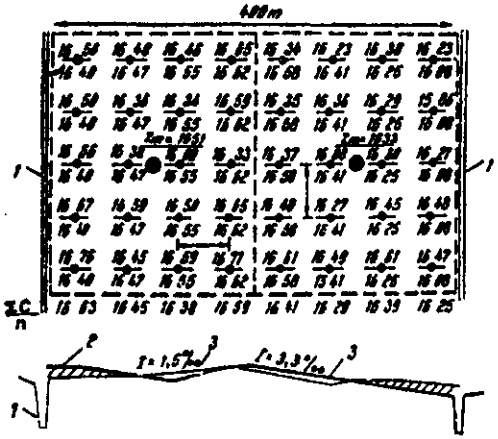


Fig. 6.22. Exemplu de calcul pentru modelarea terenurilor cu exces de umiditate :
1 - canal desecare;
2 - linie teren medie;
3 - planuri de modelare .

• ***Modelarea terenurilor cu exces de umiditate.*** Pentru îndepărtarea excesului de umiditate, lucrările de desecare – drenaj, corelate cu lucrări de modelare, au eficienţa cea mai bună. Pantele minime de 0,5 – 1,5‰ şi 3,3‰ crează o linie de separare a apelor (fig. 6.22) între două canale de desecare mărind astfel acţiunea lor. Privalurile şi jepsile din incintele îndiguite se modelează, creând pante line de 1:6 – 1:10 (înlesnesc lucrările mecanizate din culturi), volumele de umpluturi luându-se din umerii privalului (fig. 6.23, a) iar în modelarea jepsilor se face cu pante line (fig. 6.23, b), volumele de umplutură se completează atât din umerii cât şi din terasamentele canalelor de desecare. Studiile şi calculele se execută întocmai nivelării în plan înclinat.

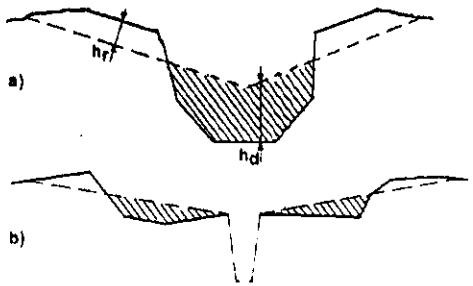


Fig. 6.23. Tipuri speciale de modelare a terenurilor din canale cu exces de umiditate :
a – modelarea privalurilor;
b – modelarea jepşilor.

Modelarea crovurilor se realizează astfel:

- crovuri cu suprafeţe mai mici de 0,5 ha sau mai mari de 0,5 ha şi adâncime mai mică de 0,25 m, se nivelează în plan înclinat sau se modelează o dată cu suprafaţa din jur. construind pe margini canale de desecare şi rigole de scurgere;
- crovuri cu suprafeţe mai mari de 0,5 ha şi adâncimi de 0,25 m care nu au scurgere, se modelează, până se asigură scurgerea prin rigole şi canale de desecare (fig. 6.24.);
- crovurile, cu suprafaţă mică se modelează sau se nivelează în plan înclinat odată cu suprafaţa din care fac parte.

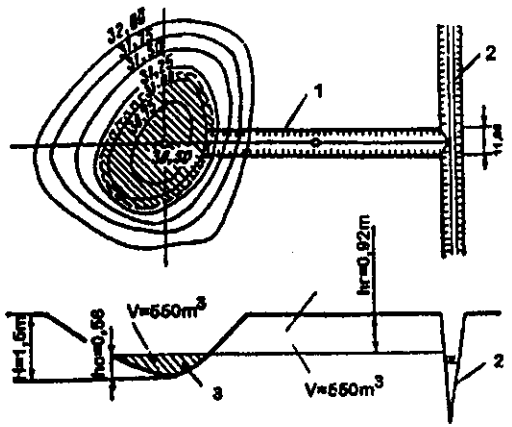


Fig. 6.24. Exemplu de calcul pentru dimensionarea rigolei şi modelarea crovurilor:
1 – rigolă; 2 – canal de placare; 3 – volum de umplere a crovului;

Pe terenurile cu exces de umiditate, se realizează fâşii late de 3 – 20 m lungi de 200 – 300 m, care se modelează, realizând panta economică (asigură volum mic de terasamente), iar apa se va evacua prin canale şi rigole pe margini; aceste suprafeţe modelate se vor întreţine anual pentru a se asigura infiltrarea şi scurgerea apei. Terenurile, în care prin lucrările solului s-au amenajat benzi şi spinări, se modelează, asigurând scurgerea apei prin canale de desecare şi rigole.

- ***Modelarea terenurilor sărăturate.*** Terenurile sărăturate sunt specifice zonelor aride cu deficit de umiditate care au un drenaj natural redus. Pentru spălările sărăturilor cu norme de udare mari, astfel ca evacuarea sărurilor să fie eficientă, este necesară modelarea, uneori nivelarea suprafeţei, spre a evita stagnarea apei şi a asigura mişcarea apei spre reţeaua de drenaj. Se realizează în acest scop parcele de 0,1 – 0,5 ha, în plan orizontal, având diferenţe de nivel între parcele de 10 – 20 cm, cu diguleţe de separaţie în lungimea cărora se construiesc canale de evacuare, adânci de 40 – 60 cm, care debuşează în canale colectoare. Anual, aceste suprafeţe se modelează sau se nivelează asigurând condiţiile de spălare a sărurilor.

- ***Modelarea terenurilor nisipoase.*** Aceste terenuri au un relief de dune, frământat.

Se modelează, realizând fâşii care să cuprindă cel puţin o dună şi o interdună; volumele de terasamente ajungând la 3 000 – 4 000 m^3/ha. Pantele ce se realizează sunt continui şi constante asigurând mecanizarea lucrărilor agricole şi umezirea uniformă a solului cu apă dată prin irigaţii. Modelarea se execută după construcţia reţelei de irigaţie.

- ***Modelarea terenurilor cu pante mari.*** Terenurile cu pante mari, pentru realizarea modelării lor sau a nivelării, se pot împărţi în terenuri cu versanţi uniformi, panta continuă, ca sens coborâtoare uniform sau cu versanţi ce prezintă microrelief neregulat (schimbări de pante, porţiuni de versanţi uniformi etc.) şi terenuri cu alunecări, nestabilizate.

Modelarea, pe terenuri cu versanţi uniformi şi pantă continuă coborâtoare, se realizează pe fâşii late de 10 – 20 m în lungul liniei de cea mai mare pantă, asigurând infiltrarea, scurgerea apei şi executarea mecanizată a lucrărilor. Se determină, pe axul fâşiei, puncte cotate, necesare calculului şi execuţiei lucrării. Volumul de terasament nu va depăşi 1 000 m^3/ha.

Terenurile cu versanţi ce prezintă microrelief neregulat, se modelează folosind metoda profilelor în lungul liniei de cea mai mare pantă, realizând o fragmentare a acestora sau cu trasarea parabolei ce aproximează linia profilului şi aflarea indicilor de nivelare cu ajutorul calculatoarelor. În zona Buzău s-a aplicat metoda fâşiilor şi benzilor pe ambele direcţii.

Terenurile cu alunecare nestabilizate se vor modela aplicând metoda profilelor în lungul liniei de cea mai mare pantă, cu trasarea parabolei ce aproximează linia profilului şi aflarea indicilor de modelare cu ajutorul calculatorului. Pe fiecare fâşie (cu lăţimea de 3 -- 20 m) se determină puncte cotate pe axul fâşiei; se determină volumul de săpătură care rezultă din abaterile cotelor din teren şi cotele proiectate. Pentru calculul nivelării şi al modelării s-au realizat programe la calculator, uşurând mult activitatea de proiectare.

CAPITOLUL 7

LUCRĂRI TOPOGRAFICE LA EXPLOATAREA CONSTRUCŢIILOR

7.1 MĂSURAREA TASĂRII

Măsurarea tasării construcţiilor se face, de obicei, pe calea observaţiilor de nivelment repetat asupra mărcii aşezate pe construcţia respectivă, mărci fixate conform proiectului întocmit pentru organizarea urmăririi tasărilor.

Procesul de organizare şi măsurare a deformaţiilor pe verticală prin nivelment geometric cuprinde operaţiile descrise în continuare.

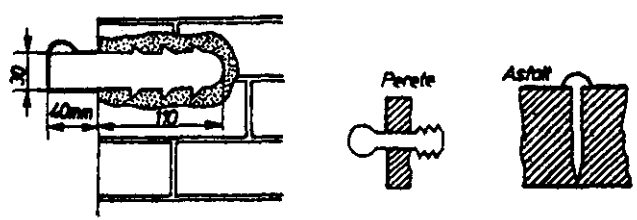


Fig. 7.1. Tipuri de mărci de tasare.

- *Crearea reţelei speciale de nivelment,* realizată din:
  - mărci fixate pe construcţia care se tasează, denumite mărci de tasare sau repere mobile (fig. 7.1.);
  - repere de control amplasate în afara zonei de influenţă a construcţiei.
- *Amplasarea reperelor de control şi a mărcilor de tasare* (fig.7.2.);rolul reperelor de control este stabilirea nivelului de referinţă faţă de care se determină deplasarea mărcilor de tasare.

Amplasarea reperelor se face ţinând seama de: condiţiile geotehnice şi hidrologice, necesitatea asigurării condiţiilor optime pentru efectuarea citirilor, elemcntele de organizare a şantierului, sistematizarea terenului din jurul construcţiei urmărite etc. Numărul de repere de control care se amplasează în afara zonei de influenţă a construcţiei care se tasează, va fi minimum 3.

dispuse astfel ca să acopere cât mai uniform zona înconjurătoare a construcției (fig. 7.2.) Mărcile de tasare au rolul de redare cât mai fidelă a deplasărilor pe verticală a unor elemente ale construcției ce se cercetează, precum și de a crea posibilități de măsurare a tasărilor.

Aceste mărci se încastrează în elemente de rezistență ale construcției și anume:

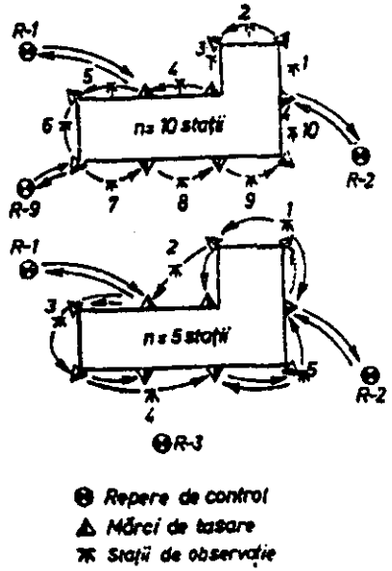


Fig. 7.2. Schema de amplasare a mărcilor de tasare și a reperelor de referință: trasee de nivelment pentru determinarea tasărilor

- la colurile construcției, în imediata vecinătate a rosturilor de tasare și în alte puncte caracteristice ale construcției;
- la construcțiile metalice, marca va fi fixată prin punctele de sudură.

♦ *Alegerea instrumentelor, stabilirea metodei de observare și precizia de executare a nivelmentului*; la executarea observațiilor se folosesc instrumente de nivelment de precizie, verificate înaintea fiecărei tranșe de observații. În general, se va ține seama că tasările construcțiilor de beton se observă cu o precizie caracterizată de eroarea ± 1 mm (pe teren stâncos) și ± 2 mm pe teren nestâncos, iar pentru construcțiile de pământ de ± 5 mm.

♦ *Stabilirea tranșelor de măsurători*, care vor fi mai frecvente în faza de execuție, când fenomenul de tasare este mai activ și din ce în ce mai rare pe măsură ce fenomenul se stabilizează.

Primul ciclu de observații asupra reperelor de tasare începe după executarea fundației construcției.

♦ *Executarea observațiilor:* la ciclul inițial, nivelmentul se va executa în condiții atmosferice favorabile, în sens direct și invers sau cu două planuri de vizare asupra reperelor de control și a mărcilor de tasare. Din măsurătorile acestui nivelment se obțin cotele tuturor mărcilor de tasare. Celelalte cicluri de observație se aleg pe măsura creșterii sarcinilor asupra fundației.

♦ *Compensarea observațiilor;* pentru calculul deplasărilor pe verticală ale mărcilor de tasare se folosesc două procedee: calculul diferențelor de nivel între punctele urmărite sau calculul trasărilor pe baza cotelor mărcilor de tasare.

♦ *Calculul tasării și deformației fundațiilor construcțiilor;* tasarea absolută sau totală T a fiecărei mărci se calculează ca diferență dintre cota ciclului corespunzător H_i și cota ciclului inițial H_1:

$$T = H_i - H_1.$$

Tasarea medie a întregii construcții se determină cu relația:

$$T_m = \frac{T_1S_1 + T_2S_2 + \ldots + T_nS_n}{S_1 + S_2 + S_3 + \ldots + S_n},$$

în care:

$T_1, T_2 \ldots T_n$ sunt tasările absolute ale mărcilor;

$S_1, S_2 \ldots S_n$ – suprafețele tălpilor fundațiilor, aferente elementelor de rezistență pe care s-au fixat mărcile.

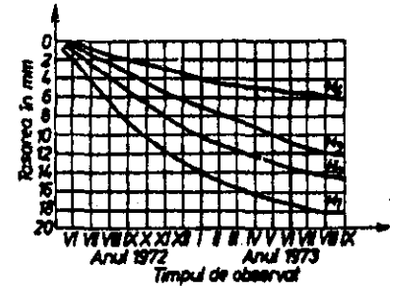


Fig. 7.3. Diagramă pentru urmărirea tasărilor

În practică, tasarea medie a clădirii sau construcției se calculează uneori ca medie aritmetică din suma tasărilor tuturor mărcilor,

$$T_m = \frac{\sum T}{n},$$

în care n este numărul mărcilor.

Rezultatele fiecărui ciclu de observație se trec într-o fișă specială și se întocmește pentru fiecare marcă un grafic al evoluției sale în timp (fig.7.3), obținându-se curbele M_1, M_2, M_3, M_4 ce dau o imagine sugestivă asupra ritmului în care se desfășoară tasarea construcției.

7.2 MĂSURAREA ÎNCLINĂRII CONSTRUCŢIILOR ÎNALTE *

Măsurarea înclinării construcţiilor înalte, turnuri, coşuri, etc. se poate face prin următoarele procedee:

- *cu firul cu plumb,* care este cel mai simplu procedeu; se suspendă la partea superioară a construcţiei un fir cu plumb şi faţă de verticala firului cu plumb se măsoară distanţele orizontale ale unor puncte de pe construcţie.

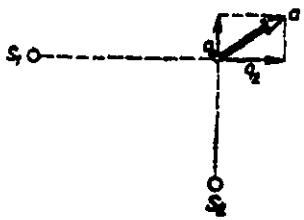


Fig. 7.4. Determinarea valorii totale a creşterii înclinării construcţiei

Dacă citirile sunt egale înseamnă că respectiva clădire este verticală. Prin diferenţa citirilor făcute la punctele de sus şi cele de jos ale clădirii şi prin compararea poziţiei acestora periodic se determină valoarea liniară a înclinării construcţiei. Înclinările zidurilor clădirilor se determină în două poziţii perpendiculare şi apoi se determină creşterea parţială a înclinării q_1 din staţia S_1 şi creşterea parţială a înclinării q_2 din staţia S_2. Potrivit regulii paralelogramului, se obţine valoarea totală a creşterii înclinării Q (fig.7.5.) prin relaţia:

$$Q = \pm\sqrt{q_1^2 + q_2^2};$$

- *prin măsurarea unghiurilor orizontale,* procedeu foarte răspândit, care asigură precizia cea mai mare. Staţionând cu teodolitul deasupra bornei A (la o distanţă de 20...50 m în prelungirea unui perete) (fig.7.5.), se măsoară unghiul γ dintre direcţia la marca B aflată la partea superioară a zidului şi o direcţie la un obiect oarecare permanent situat pe teren, în punctul C.

În locul unei mărci speciale se poate viza la muchia unui detaliu de construcţie sau chiar la muchia zidului proiectată pe cer. După aceasta, instrumentul se mută pe prelungirile celuilalt perete în punctul A_1 şi se măsoară unghiul γ_1 între marca B şi un alt punct C_1. Măsurând periodic unghiurile γ şi γ_1 se determină creşterile înclinărilor parţiale ale construcţiilor exprimate în grade. Pentru trecerea la mărimi liniare a creşterilor înclinării q se foloseşte formula:

$$\Delta q = \frac{\Delta\gamma''}{\rho''} \cdot L = \frac{\Delta\gamma''}{636\,620''} \cdot L,$$

în care:

Δq este creşterea parţială a înclinării, în mm;

L – distanţa orizontală de la staţia A până la punctul B, în mm;

Δγ - creşterea parţială a unghiului γ între două măsurători succesive $\Delta\gamma = \gamma'' - \gamma'$.

Mărimea totală a creşterii înclinării Q se determină după regula paralelogramului:

$$Q = \sqrt{\Delta q_1^2 + \Delta q_2^2}.$$

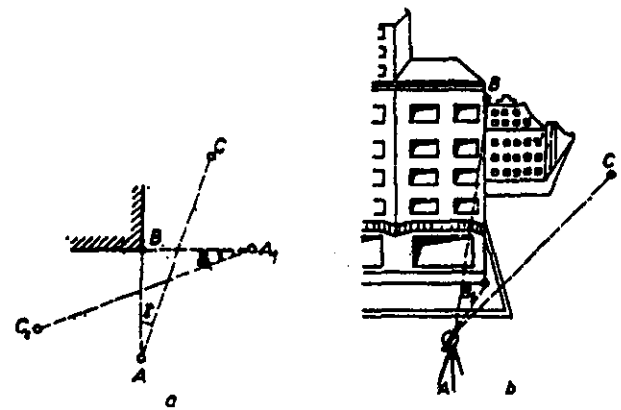


Fig. 7.5. Determinarea înclinării prin măsurarea unghiurilor orizontale: a – schemă de măsurare; b – vizarea cu teodolitul a punctului B de la partea de sus a construcţiei şi a punctului B_1 de la partea de jos.

Pentru a determina nu numai creşterea înclinării, dar şi mărimea ei totală şi absolută, este necesar să se fixeze în partea de jos pe aceiaşi verticală, a doua marcă B_1, perfect vizibilă (fig.7.5.b.). Apoi din staţiile A şi A_1 trebuie să se măsoare unghiurile orizontale între mărcile B şi B_1. Pe baza rezultatelor se determină mărimea înclinării. Determinarea înclinării se mai poate face prin măsurarea tasării fundaţiilor în funcţie de înălţimea construcţiei.

BIBLIOGRAFIE

1. *Bold I.* – Organizarea teritoriului, Editura Ceres, Bucureşti, 1973.
2. *Cristescu N.* – Topografie inginerească*. Editura Didactică şi Pedagogică, Bucureşti, 1978.
3. *Cristescu N., Neamţu M., Ursea V., Sebastian-Taub Margareta* – Topografie*. Editura Didactică şi Pedagogică, Bucureşti, 1980.
4. *Deaconescu C., Anghelina D., Bârsan A., Ionescu A., Vieru I., Meteş Z.* – Topografie şi desen tehnic*. Editura Didactică şi Pedagogică, Bucureşti, 1979.
5. *Ghiţău D.* – Geodezie şi Gravimetrie Geodezică, Editura Didactică şi Pedagogică, Bucureşti, 1983.
6. *Grama I., Ionescu P., Rădulescu M.,* - Topografie şi desen tehnic. Editura Didactică, Bucureşti, 1964.
7. *Ionescu P., Rădulescu M.*- Topografie generală şi inginerească*, Editura Didactică şi Pedagogică, Bucureşti, 1976.
8. *Leu Ion Nelu, Budiu V., Moca V., Ritt C., Ciotlăuş Ana, Ciolac Valeria* – Topografie şi Cadastrul Agricol, Editura Didactică şi Pedagogică, Bucureşti, 1999.
9. *Năstase Anton* - Topografie, Editura Fundaţiei „România de Mâine", Bucureşti, 1998.
10. *Neamţu M., Sebastian – Taub Margareta* - Topografie, Institutul de Construcţii, Bucureşti, 1980.
11. *Nistor Gh.* – Topografie, Universitatea Tehnică Gh. Asachi, Iaşi, 2000.
12. *Russu A.* – Topografie cu elemente de Geodezie şi Fotogrametrie. Editura Ceres, Bucureşti, 1974.
13. *Russu A., Boş N., Kiss A.* – Topografie – Geodezie, Editura Didactică şi Pedagogică. Bucureşti, 1982.
14. *Ursea V.* – Topografie generală, Editura Didactică şi Pedagogică, Bucureşti. 1977